

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Potenciál využití optimalizace výrobních procesů

Utilization Potential of Production Processes Optimization

Student:

Bc. Kateřina Losíková

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Vladimíra Schindlerová, Ph.D.

Ostrava 2019

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Kateřina Losíková**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 6208T116 Průmyslové inženýrství
Téma: **Potenciál využití optimalizace výrobních procesů**
Utilization Potential of Production Processes Optimization
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Teoretická východiska vybrané problematiky.
2. Analýza současného stavu.
3. Identifikace úzkých míst a problémů.
4. Návrh řešení.
5. Zhodnocení a přínos pro podnik.

Seznam doporučené odborné literatury:


KEŘKOVSKÝ, M. *Moderní přístupy k řízení výroby*. Vyd. 2. Praha: C. H. Beck, 2009. 137 s. ISBN 978-80-740-0119-2.
MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M. *Cesty k vyšší produktivitě. Strategie založená na průmyslovém inženýrství*. Liberec. Institut průmyslového inženýrství. 1996, ISBN 80-902235-0-8.
HLAVENKA, B. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty*. Vyd. 3. Brno : CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.
GROS, I. *Velká kniha logistiky*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.
TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Vyd. 1. Praha: Grada Publishing, 2014. ISBN 978-80-247-4486-5.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Vladimíra Schindlerová, Ph.D.**

Datum zadání: 21.12.2018

Datum odevzdání: 20.05.2019


Ing. Lucie Krejčí, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V práci jsem použila interní údaje od společnosti Skrat kovo s.r.o., která s jejich zveřejněním souhlasí.

V Ostravě dne 20. května 2019

Bc. Kateřina Losková
.....

Podpis studenta

Prohlášení spolupracující společnosti

Souhlasím se zveřejněním této diplomové práce dle požadavků čl. 6, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v diplomových studijních programech VŠB-TU Ostrava.

Spolupracující společnost:

Skrat kovo s.r.o.

U Sázavy 1589/7, 789 01 Zábřeh na Moravě

IČO: 27776760

Jméno a příjmení oprávněné osoby: Jan Horký

V Ostravě dne 20. května 2019

Skrat kovo s.r.o.

U Sázavy 7

ZÁBŘEH 789 01

IČ: 27776760 tel/fax: 583 415480

.....
Podpis oprávněné osoby

Prohlašuji, že

- jsem si vědoma, že na tuto moji závěrečnou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít závěrečnou diplomovou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této diplomové práce bude uložen u vedoucí práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že – podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucí práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 20. května 2019

Bc. Kateřina Losíková

Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Kateřina Losíková

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Dukelská 883, Uničov, 783 91

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

LOSÍKOVÁ, K. *Potenciál využití optimalizace výrobních procesů: diplomová práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2019, 63 s. Vedoucí práce: Schindlerová, V.

Diplomová práce se zabývá potenciálem využití optimalizace výrobních procesů pro výrobní strojírenskou společnost Skrat kovo s.r.o. Cílem této práce bylo zmodernizovat strojní park společnosti a navrhnout obráběcí CNC soustruh a CNC frézku, které by nejvíce vyhovovaly parametrům společnosti. Po optimalizaci výrobních procesů bylo zapotřebí následně ověřit kapacity strojů. Teoretická část práce obsahuje podklady z literárních zdrojů, které se týkají simulací výrobních procesů a softwaru Witness, ve kterém je simulace provedena. V praktické části je popsána a zpracována analýza současného stavu společnosti Skrat kovo s.r.o. a na základě jejich interních dat a výsledků analýzy byla navržena obráběcí CNC centra a celková optimalizace výroby.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

LOSÍKOVÁ, K. *Utilization Potential of Production Processes Optimization: Master Thesis.* Ostrava: VSB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2019, 63 p. Thesis supervisor: Schindlerová, V.

This master thesis deals with utilization potential of production processes optimization in manufacturing engineering company Skrat kovo ltd. The goal of this work was to modernize the company's machinery and to design CNC lathe machine and CNC milling machine, which would suit the company's parameters best. After optimizing production processes it was necessary to check the capacity of the machines. The theoretical part of the thesis includes materials from literary sources that concern simulation of production processes and Witness software, in which the simulation was made. The analysis of the current state of the company Skrat kovo ltd. is described in the practical part, which also includes the design of CNC machine centres and general optimization of production based on the results of the analysis and the company's internal data.

Obsah diplomové práce

Seznam použitých značek a symbolů.....	9
Seznam použitých zkratk.....	10
Úvod.....	11
1 Teoretická východiska vybrané problematiky	12
1.1 Výroba.....	12
1.2 Výrobní proces	12
1.3 Simulace	13
1.4 Simulační software Witness	13
2 Analýza současného stavu	14
2.1 Základní informace o společnosti	14
2.2 Výrobní program / poskytované služby	16
2.3 Strojní park.....	18
2.4 Analýza aktuálního stavu objednávek.....	19
2.5 Výrobní představitelé a postupové schéma.....	21
2.6 Analýza aktuální výroby v softwaru Witness	22
3 Identifikace úzkých míst a problémů	27
3.1 Identifikace problémů	27
3.2 Stanovení cílů.....	27
4 Návrh řešení.....	28
4.1 Vícekriteriální rozhodování.....	28
4.1.1 Obráběcí CNC soustruh.....	29
4.1.2 Obráběcí CNC frézka	42
4.2 Doporučení při výběru CNC	51
4.3 Optimalizace výroby v softwaru Witness	53

5 Zhodnocení návrhu řešení a přínos pro podnik.....	56
Závěr.....	58
Seznam použité literatury.....	59
Seznam použitých obrázků.....	61
Seznam použitých tabulek.....	61
Seznam použitých grafů	62

Seznam použitých značek a symbolů

B_j	koeficient významnosti j-tého kritéria
S_j	hodnota relativní užitnosti
V_j	vyhodnocení výsledků variant
h_{bj}	hodnota j-tého kritéria u bazické varianty
h_{ij}	hodnota j-tého kritéria u i-té varianty
$h_{ijINDEXI}$	hodnota j-tého kritéria u nejhorší hodnoty varianty
ks	kusů
kW	kilowatt
m	počet kritérií
min^{-1}	otáčky za minutu
mm	milimetr
m^2	metr čtverečný
p	počet expertů
v	počet variant
w	koeficient shody
z_{ij}	dílčí porovnání variant s variantou bazickou
α_j	součet pořadí přiřazených všemi experty j-tému kritériu
α_{kj}	číslo pořadí přiřazené k-tým expertem j-tému kritériu
\emptyset	průměr

Seznam použitých zkratek

CNC	computer numerical control (číslicové řízení počítačem)
EU	Evropská unie
Inc	Incorporated
Kč	Koruna česká
Ltd	Limited
a.s.	akciová společnost
s.r.o.	společnost s ručením omezeným

Úvod

Každá společnost byla založena a existuje proto, aby naplňovala určité poslání, jako je výroba produktů či poskytování služeb zákazníkům. Toto poslání se shoduje se základními představami zakladatelů společnosti o tom, co bude předmětem podnikání, na jaký typ zákazníků se zaměří a jakými výrobky a službami budou uspokojovat jejich potřeby.¹

Společnost, která chce uspět na dnešním trhu, je přinucena se zabývat potřebami a problémy zákazníků. V podstatě se jedná o pokrytí potřeb cizího subjektu. Tato nezbytnost má však pro společnost pozitivní důsledek, může tak totiž lépe realizovat své vlastní cíle. Zaměření na zákazníky tak představuje úsilí o individuální optimalizaci směnných vztahů a tím zajištění existence společnosti.²

Ekonomické postavení společnosti a její cíle vyžadují, aby tvorba užitku pro zákazníky byla současně provázená získáním konkurenční výhody na trhu, protože pouze tak může podnik úspěšně obstát na trhu a nadále rozvíjet své podnikatelské aktivity.²

Průmyslové podniky i společnosti stojí naproti stále sílící konkurenci a větší potřebě využívat zdroje co nejefektivněji. Vysoká a především kvalitní produkce umožňuje podnikům přežít na evropském i světovém trhu. V rámci úspěšnosti podniku je důležité, aby se společnost zabývala neustálým rozvojem, obohacovala svůj výrobní program, vylepšovala a inovovala strojní park, pracovala s kvalitním materiálem, dodržovala mezinárodní normy a další důležité faktory, které povedou k prosperitě podniku.³

Diplomová práce je řešena ve spolupráci se strojírenskou výrobní společností Skrat kovo s.r.o., která sídlí v Zábřehu. Práce je zaměřena na optimalizaci výrobních procesů a výběr obráběcího CNC soustruhu a CNC frézky.

Hlavním cílem práce je zmodernizovat strojní park a navrhnout obráběcí CNC centra. Dále je zapotřebí provést optimalizaci výrobních procesů a ověřit kapacity strojů.

1 Teoretická východiska vybrané problematiky

Kapitola se zabývá charakteristikou dané problematiky a jsou zde popsány základní informace o výrobě, výrobním procesu, simulaci a simulačním softwaru Witness.

1.1 Výroba

Výrobu lze definovat jako činnost, kde dochází výrobním procesem k přeměně vstupů (zdroje, činitelé) na výstupy (statky, služby).¹

Ve strojírenské výrobě dělíme výrobu podle množství a počtu druhů výrobků na kusovou (malosériovou), sériovou a hromadnou výrobu.⁴

Společnost Skrat kovo s.r.o., pro kterou je diplomová práce zpracována, se zabývá především kusovou výrobou. Je kladem důraz zejména na kvalifikovanou pracovní sílu, univerzálnost a flexibilitu nářadí i strojů. Kusová výroba je velice specifická, výrobky se velmi zřídka opakují a vyrábí se obzvláště na základě individuální zakázky.⁴

1.2 Výrobní proces

Výrobní proces je transformace výrobních faktorů na zboží či službu a je realizován výrobním systémem.¹

Výroba je uskutečňována v prostředí výrobních procesů tvořených souborem logistických a technologických operací, jejichž realizace je nezbytná pro výrobu výrobku v požadované kvalitě, množství, nákladech a stanoveném termínu. Výrobní proces je třeba vymezit věcně i časově a začíná v okamžiku, kdy materiál (polotovary) vstoupí do první operace a končí předáním hotového výrobku do skladu. Cílem výrobního procesu by měly být produkty či služby, které dokáže podnik zpeněžit a vytvořit z nich zisk.⁵

Optimálně běžící výrobní proces je takový, kde:

- pracuje pouze nutný počet potřebných pracovníků,
- nejsou dle technologických předpisů zbytečné pracovní operace ani činnosti,
- nevznikají žádné prostoje výroby ani havárie zařízení a strojů,
- nejsou ztráty na materiálu a nevznikají zmetkové výrobky atd.⁶

Optimalizaci procesů by měla řešit každá firma, která má zájem se stále vyvíjet a být na trhu konkurenceschopná. V současné době je několik způsobů, jak zoptimalizovat procesy podniku. Jedním takovým způsobem je například využití dynamické simulace.⁷

1.3 Simulace

Simulace odhaduje charakteristiky podnikových systémů pomocí napodobení (simulace) fungování těchto systémů ve formě počítačového modelu. Je to moderní metoda analýzy složitých podnikových procesů, které obsahují prvky dynamického a náhodného chování. Podniky, které optimalizovaly podnikové procesy pomocí simulace dosáhly materiálových, personálních i finančních úspor.⁸

Počítačová simulace je moderním nástrojem pro analýzu komunikačních, zásobovacích, obslužných, výrobních a dalších podnikových procesů. Umožňuje předvídat chování systémů při změně podmínek a případně manažerům dá prostor pro včasné reagování na nevhodnou změnu v procesech. Výhodou simulace je, že vše probíhá pouze v počítačovém modelu bez nutného zásahu do provozu podniku, a proto riziko chybných rozhodnutí je minimální.⁸

1.4 Simulační software Witness

Simulační software Witness je modelovací nástroj, který se stále více využívá v celé řadě výrobních podniků. Vyznačuje se především jednoduchostí použití, dobře navrženými simulačními moduly a integrovanými nástroji pro systémovou analýzu a optimalizaci procesů.⁹

Witness je přední software pro dynamickou simulaci a optimalizaci logistických, komunikačních, obslužných a výrobních systémů a pro strategické rozhodování od britské společnosti Lanner Group Ltd.⁷

Při změně organizačních či technologických procesů je sebou neseno jisté riziko, které software pomáhá omezit tím, že umožňuje modelovat pracovní prostředí a simulovat důsledky různých rozhodnutí. Výsledkem simulace je větší míra důvěry, že navržené řešení je pro organizaci vhodné, a to ještě dříve, než je provedena jeho realizace.⁷

2 Analýza současného stavu

V této kapitole je představena společnost Skrat kovo s.r.o., její základní informace, výrobní program a strojní park. Dále je zde uvedena analýza aktuálního stavu objednávek a analýza aktuální výroby, která je provedena v simulačním softwaru Witness.

2.1 Základní informace o společnosti

Skrat kovo s.r.o. je relativně mladá strojírenská společnost se sídlem v Zábřehu, která se zabývá výrobou různých druhů strojních součástí, náhradních dílů a zákaznickým servisem. Společnost se specializuje převážně na kusovou a malosériovou výrobu. Jejich výrobky jsou často atypické a vyráběné dle výrobní dokumentace zákazníka, případně specifických požadavků údržby jednotlivých podniků.

Společnost působí nejen na českém trhu, ale díky dlouhodobé a úspěšné spolupráci s jejími kooperanty a obchodními partnery v České republice, jsou jejich výrobky montovány do technologických celků a poté dodávány i do zahraničí, například na holandský, švédský a německý strojírenský trh.¹⁰



Obrázek 1 Logo společnosti Skrat kovo s.r.o.¹⁰

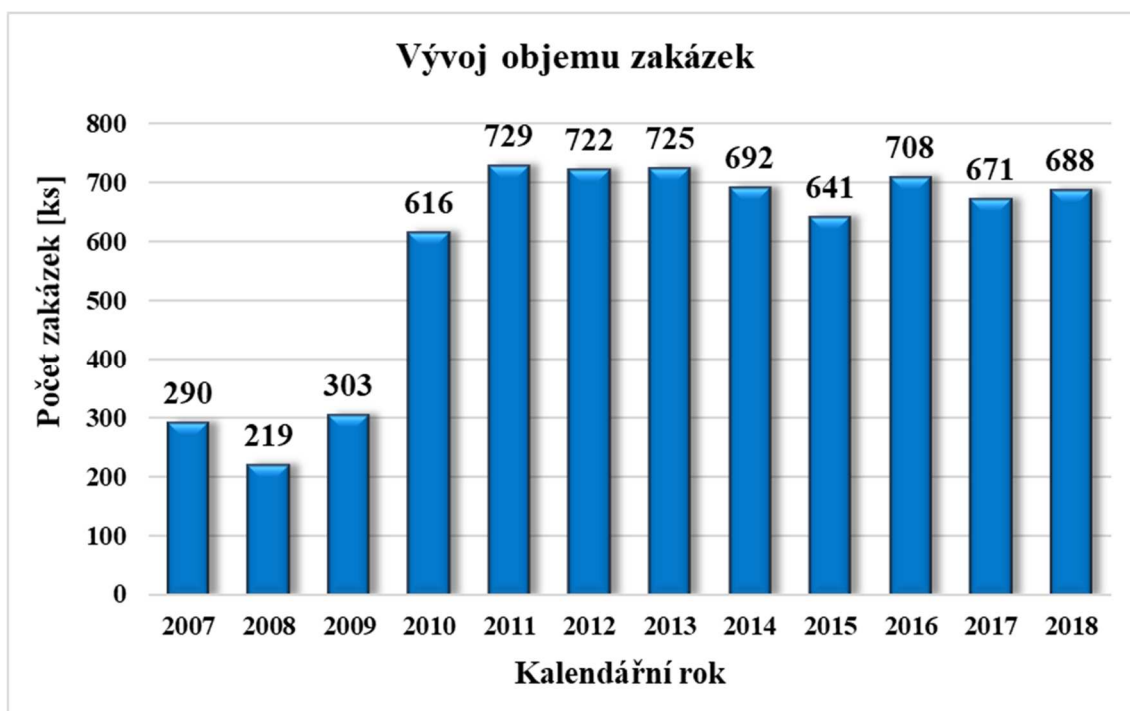
Společnost Skrat kovo s.r.o. byla založena v roce 2007. V té době měla pouze dva zaměstnance, kteří se starali o celý chod společnosti. Více jak 30letá zkušenost v oblasti strojního obrábění a iniciativa mládeže zapříčinily v dalších letech celkový rozvoj a rozšíření společnosti nejen o nové zákazníky, výrobní kapacity společnosti, ale i jejího strojního parku a zvýšení počtu zaměstnanců. Pro společnost jsou velice důležití vysoce kvalifikovaní a odborně způsobilí zaměstnanci s velkými zkušenostmi z kusové výroby.

V roce 2014 společnost koupila novou budovu v osobním vlastnictví, kam postupně přesouvá veškerou výrobu z důvodu nedostatečného místa ve stávající pronajaté budově.

Graf 1 a Graf 2 nám znázorňují postupný růst počtu zaměstnanců a objemu zakázek za celou existenci společnosti Skrat kovo s.r.o.



Graf 1 Vývoj počtu zaměstnanců společnosti Skrat kovo s.r.o.



Graf 2 Vývoj objemu zakázek společnosti Skrat kovo s.r.o.

2.2 Výrobní program / poskytované služby

Skrat kovo s.r.o. je společnost zaměřená na malosériovou a kusovou výrobu, která se zabývá obráběním součástí dle výkresové dokumentace. V některých případech zákazník nemá k dispozici výkresovou dokumentaci a dodá společnosti opotřebovaný či poškozený kus jako vzorový, podle kterého společnost vyrobí nový díl. Další velkou výhodou společnosti je zajištění kooperace tepelného zpracování materiálu, případně jeho povrchové úpravy.

V *Tabulce 1* je uveden základní sortiment a výrobní možnosti společnosti.

Tabulka 1 Sortiment a výrobní možnosti společnosti Skrat kovo s.r.o.¹⁰

Sortiment	Maximální rozměr	Maximální délka
Bandáže	Ø 600	–
Brzdy	Ø 600	–
Čepy	–	–
Desky	300 x 1000	–
Hřídele, osy, vřetena	Ø 400	2000
Hřídele pastorkové	Ø 250	1500
Kladky	Ø 600	–
Kliny	–	–
Kolíky	Ø 3 – 100	350
Kola pojezdová	Ø 350	–
Kola řetězová	Ø 450	–
Kostky hydraulické	300 x 300 x 1000	–
Kotouče	Ø 600	–
Kroužky	–	–
Lanovnice	Ø 600	–
Ložiska	–	–
Matice	Ø 600	–
Náboje	Ø 400	400
Pánve	Ø 400	–
Pera	–	–
Pístnice	Ø 200	1300
Pouzdra	Ø 450	400
Příruby	Ø 20 – 400	–
Řemenice	Ø 600	–
Rotory	Ø 400	–
Spojky	–	–
Šrouby, svorníky	Ø 400	1000
Šroubení	–	–
Válce	Ø 240	1500
Víka, štíty	Ø 600	–

Na *Obrázku 2* je ukázka některých vyráběných dílů společnosti Skrat kovo s.r.o.



Obrázek 2 Ukázka výrobků společnosti Skrat kovo s.r.o.

2.3 Strojní park

Společnost Skrat kovo s.r.o. se zabývá obráběním různých druhů součástí a nabízí služby jako je soustružení, frézování, broušení a vrtání. Od toho se odvíjí i její současný strojní park, který obsahuje především starší stroje.

V *Tabulce 2* je uvedeno označení jednotlivých pracovišť a strojů společnosti Skrat kovo s.r.o.

Tabulka 2 Označení pracovišť.

Označení pracoviště	Název pracoviště (stroje)	Počet strojů
B1	Bruska rovinná – BPH 300	1
B2	Bruska na otvory – BDU 250 A	1
B6	Bruska na hřídele – BHU 32A/1500	1
V1	Vyvrtávačka vertikální Kaunas	1
V3	Vyvrtávačka horizontální – H 63 A	1
P1	Pila – ARG 240 Plus	1
Z1	Strojní zámečnick	–
F1	Centrum CNC frézka – FCM 22	1
F2	Frézka nástrojářská – FA3A	1
F3	Frézka konzolová vertikální – FSS 400/E	1
F4	Frézka FC50 (TOS Kuřim)	1
S1_S4	Soustruh revolverový – R5	2
S2_S3	Soustruh hrotový	2
S5_S6_S7_S8	Soustruh – SUI 50	4

2.4 Analýza aktuálního stavu objednávek

Analýza aktuálního stavu objednávek společnosti Skrat kovo s.r.o. a sběr jejich dat se provedl v rámci tří měsíců (čtvrtletní období). Bylo zapotřebí zjistit, kolik objednávek společnost obdrží za čtvrt roku a které součástky se nejčastěji opakují.

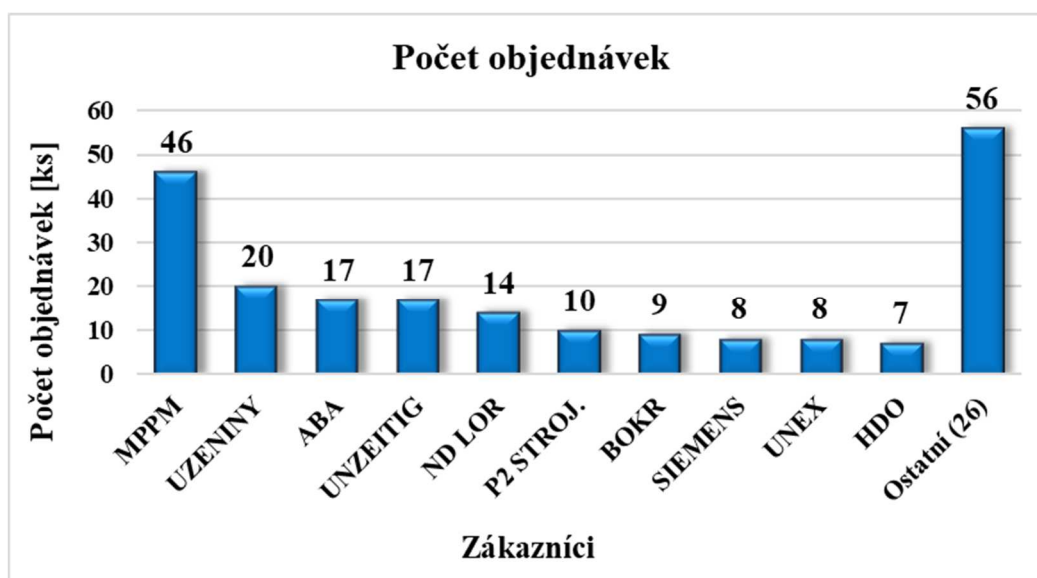
Společnost k evidenci objednávek používá pouze obyčejný papírový deník (viz Obrázek 3), kde je uvedeno datum přijmutí zakázky, číslo objednávky, termín dodání zákazníkovi, jméno firmy (zákazníka), název dílce, počet kusů, cena za jeden kus, celková cena objednávky, číslo faktury a popřípadě nějaká konkrétní poznámka k objednávce.

Společnost nepoužívá tedy žádný software k evidenci zakázek. Jediný software, který společnost používá je účetní program POHODA, který slouží k účetnictví a daňové evidenci.

ZAKÁZKA	Č. ZK.	DATUM	FIRMA	NÁZEV DÍLCE	KC	CENA/KS	CELKOVÁ CENA	Č. FA	POZNÁMKA
474/14/1002	1002	27.1.2014	PODZKO		5	140,-	700,-	1100042	skříně
475/14/100	100	27.1.2014	MPPM	REPEROVACÍ VÝSTŘELKOVÝ	1	310,-	310,-	1100069	skříně
476/14/100	100	27.1.2014	KOV-720	101215 720	10	240,-	2400,-	1100069	skříně
477/14/100	100	27.1.2014	101215	101215 720	10	240,-	2400,-	1100069	skříně
478/14/100	100	27.1.2014	101215	101215 720	10	240,-	2400,-	1100069	skříně
479/14/100	100	27.1.2014	101215	101215 720	10	240,-	2400,-	1100069	skříně
480/14/100	100	27.1.2014	101215	101215 720	10	240,-	2400,-	1100069	skříně
481/14/100	100	27.1.2014	101215	101215 720	10	240,-	2400,-	1100069	skříně
482/14/100	100	27.1.2014	101215	101215 720	10	240,-	2400,-	1100069	skříně
483/14/100	100	27.1.2014	101215	101215 720	10	240,-	2400,-	1100069	skříně
484/14/100	100	27.1.2014	101215	101215 720	10	240,-	2400,-	1100069	skříně
485/14/100	100	27.1.2014	101215	101215 720	10	240,-	2400,-	1100069	skříně

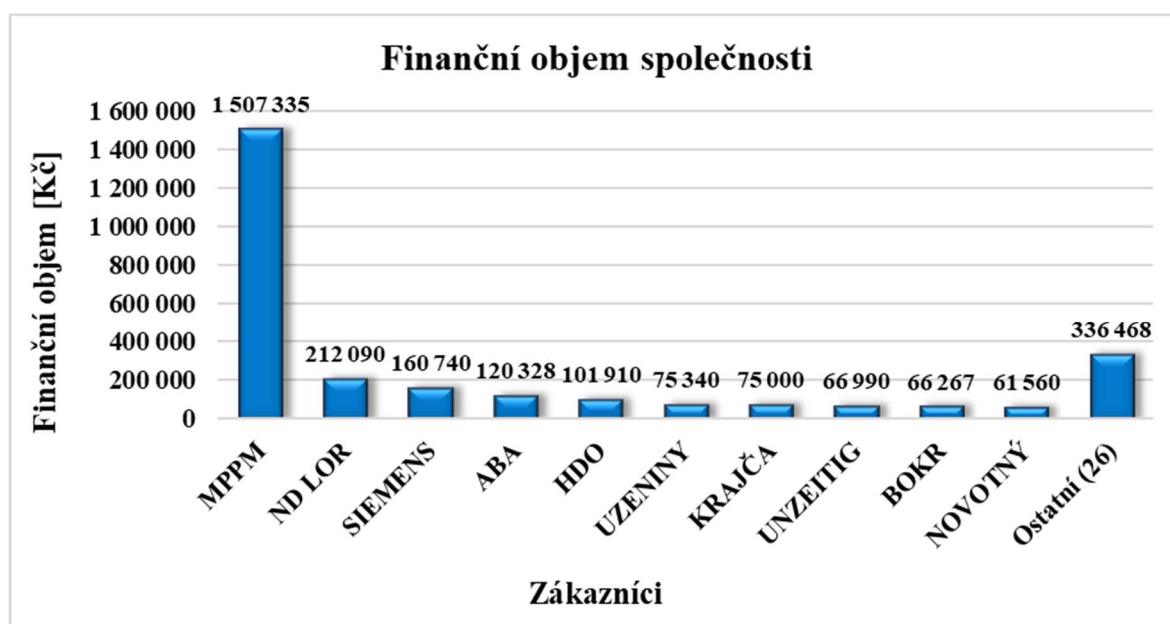
Obrázek 3 Evidence objednávek společnosti Skrat kovo s.r.o.

Analýzou těchto interních dat nám vyšly zajímavé grafy. Graf 3 znázorňuje počet objednávek za čtvrtletní období od určitých zákazníků. Objednávky mohou být složeny z jednoho nebo více kusů součástí. Jak lze vidět na Grafu 3, nejvíce objednávek společnost Skrat kovo s.r.o. obdrží od firmy MPPM s počtem 46 kusů objednávek za čtvrt roku. Další v pořadí jsou UZENINY (20 ks), ABA (17 ks), UNZEITIG (17 ks) atd. Celkový počet objednávek za čtvrtletní období je 212 kusů.



Graf 3 Počet objednávek za čtvrtletní období.

Graf 4 znázorňuje finanční objem společnosti za čtvrtletní období. Na prvním místě se opět umístila firma MPPM s částkou 1 507 335 Kč. Následující pořadí firem se ale od předchozího *Grafu 3* liší. Na dalším místě je ND LOR (212 090 Kč), SIEMENS (160 740 Kč), ABA (120 328 Kč) atd. Celkový finanční objem společnosti za čtvrtletní období je 2 784 028 Kč.



Graf 4 Finanční objem za čtvrtletní období.

Z porovnání *Grafu 3* a *Grafu 4* vyplývá, že pořadí jednotlivých firem se liší. Nezáleží tak moc na počtu objednávek od určité společnosti, ale spíše na finanční hodnotě objednávek, která je pro společnost Skrat kovo s.r.o. důležitějším faktorem.

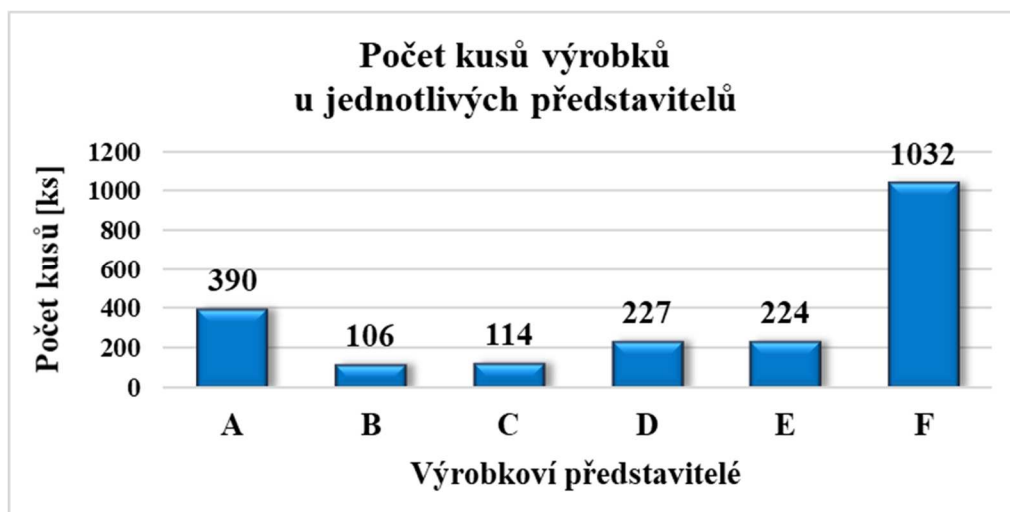
Stěžejním zákazníkem pro společnost Skrat kovo s.r.o. je především firma MPPM s.r.o. Toho zákazníka by si měla společnost vážit, protože nejen že má nejvíce objednávek za čtvrtletní období, ale především má z toho zákazníka největší finanční objem. Pokud tuto hodnotu (1 507 335 Kč) porovnáme s druhou firmou v pořadí ND LOR (212 090 Kč), tak jejich peněžní rozdíl činí 1 295 245 Kč.

Společnosti Skrat kovo s.r.o. bych tedy doporučila se zaměřit zejména na firmu MPPM s.r.o., která tvoří 54,14 % finančního objemu za čtvrtletní období.

2.5 Výrobní představitelé a postupové schéma

Z nasbíraných dat za čtvrtletní období jsme zjistili, že společnost vyrobila celkem 2 093 kusů součástek. Jelikož se jedná především o kusovou výrobu, bylo zapotřebí tyto součástky rozřadit podle podobnosti technologie výroby a zvolit výrobní představitel.

Graf 5 nám znázorňuje počet kusů výrobků u jednotlivých představitelů.



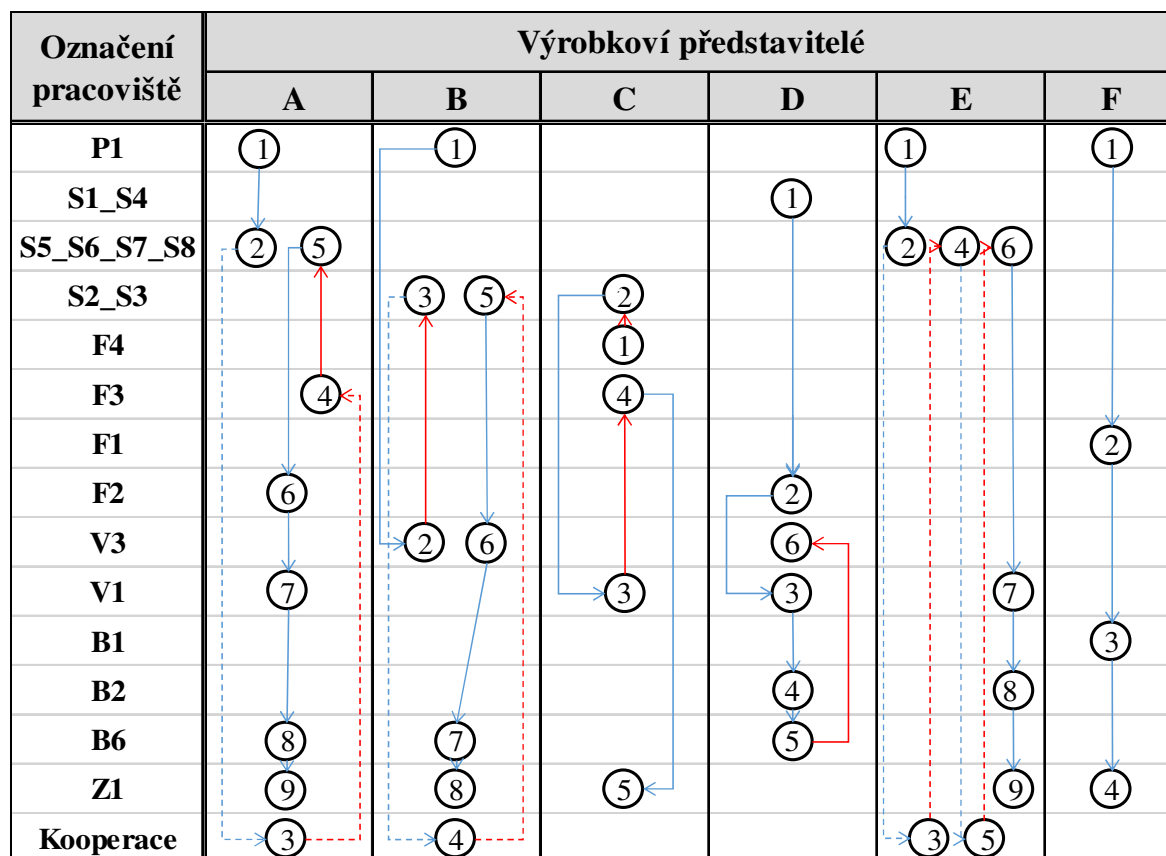
Graf 5 Počet kusů výrobků u jednotlivých představitelů.

Abychom mohli dále s daty pracovat, zvolili jsme metodu postupových schémat, která se používá při hodnocení materiálového toku. Postupové schéma je grafické znázornění toku materiálu a aktuálního stavu sledu operací pro více výrobků najednou.

Vychází z podrobné znalosti technologického postupu každého výrobku nebo skupiny představitelů podobných výrobků.¹¹

Dle rozboru technologického postupu výrobních představitelů společnosti Skrat kovo s.r.o. bylo vytvořeno postupové schéma viz *Tabulka 3*.

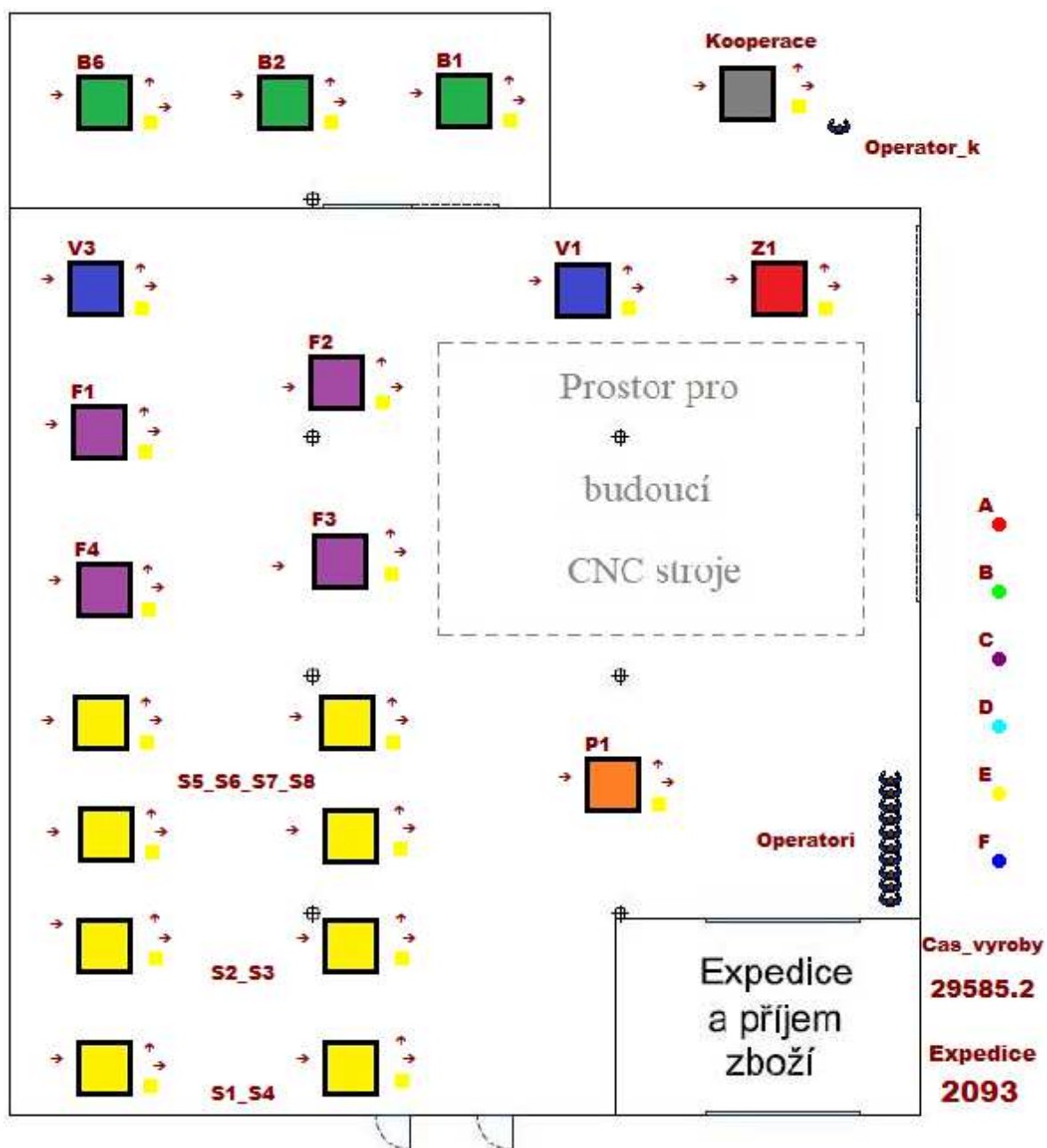
Tabulka 3 Postupové schéma výrobních představitelů.



LEGENDA: ○ Označení operace —→ Přímý tok - - - -> Přímý tok do kooperace
 —→ Zpětný tok - - - -> Zpětný tok z kooperace

2.6 Analýza aktuální výroby v softwaru Witness

Simulace celkového objemu aktuální výroby byla provedena v softwaru Witness, který slouží pro dynamickou simulaci a optimalizaci výrobních, obslužných a logistických systémů. Z interních dat společnosti a pomocí postupového schématu výrobních představitelů byl vytvořen model, který simuluje aktuální průběh výroby během čtvrtletního období. Na *Obrázku 4* je zobrazeno schéma výrobní haly a rozmístění jednotlivých pracovišť ze simulačního modelu.



Obrázek 4 Schéma výrobní haly – současný stav.

Ve schématu (Obrázek 4) jsou jednotlivé stroje označeny barevně dle Tabulky 2.

Spuštěním modelu současného stavu výroby v softwaru Witness jsme získali následující data. Simulačním modelem současného stavu za čtvrtletní období projde celkem 2093 součástek a celkový čas výroby činí 29 585,2 minut čistého strojního času.

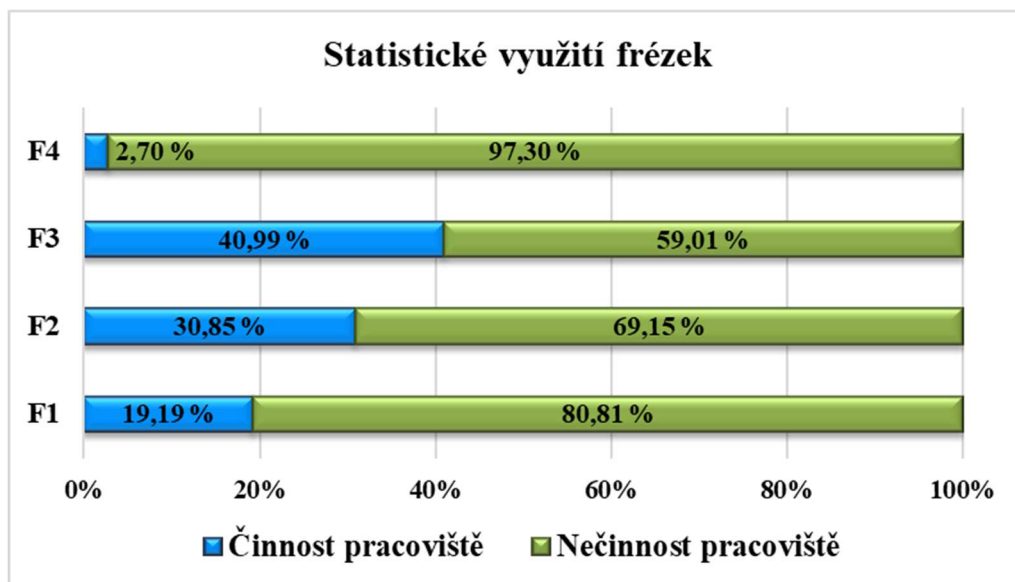
Tabulka 4 představuje statistické a kapacitní využití všech pracovišť a počet celkových operací, které projdou každým pracovištěm.

Tabulka 4 Statistické využití pracovišť současného stavu.

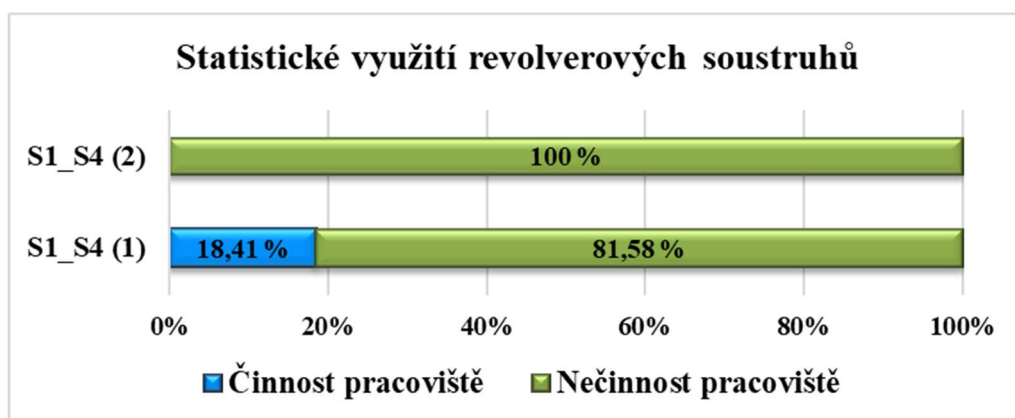
Označení pracoviště	Činnost pracoviště [%]	Nečinnost pracoviště [%]	Počet operací na pracovišti
B1	52,32	47,68	1032
B2	25,93	74,07	451
B6	36,25	63,75	723
V1	26,22	73,78	955
V3	11,82	88,18	439
P1	31,79	68,21	1752
Z1	29,55	70,45	1866
F1	19,19	80,81	1032
F2	30,85	69,15	617
F3	40,99	59,01	504
F4	2,70	97,30	114
S1_S4	9,21	90,79	227
S2_S3	9,92	90,08	326
S5_S6_S7_S8	26,43	73,57	1452

V simulaci jsou posílány jednotlivé součástky na stroje v pořadí dle technologického postupu, a pokud je kapacita stroje nedostatečná, tak jsou výrobky posílány na další stroje, na tzv. vzájemně zastupitelné pracoviště. Může se stát, že ve stejném čase nám na pracoviště přijdou dva či více kusů součástek, které jsou nejprve poslány na první stroj a v případě, že je stroj vytížený, je tedy nutné výrobky poslat na další volné shodné stroje.

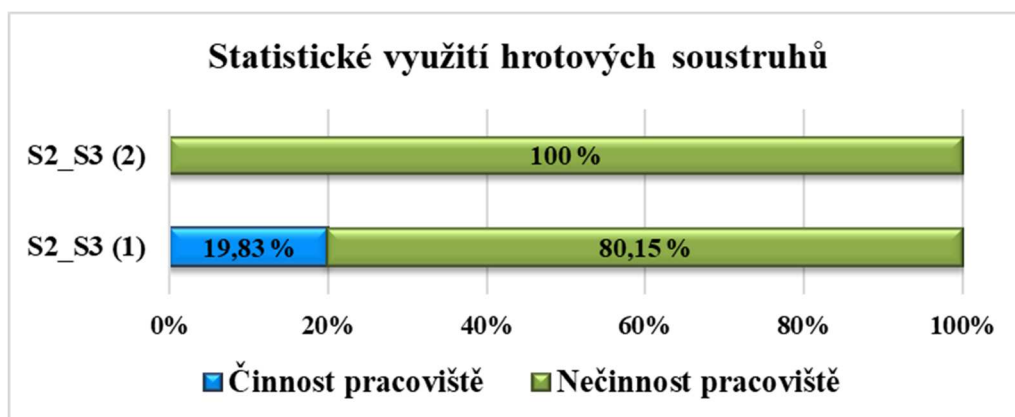
Jedním z cílů diplomové práce bylo optimalizovat výrobní procesy a navrhnout obráběcí CNC frézku a CNC soustruh. Z tohoto důvodu si pro zřehlednění v aktuálním stavu výroby zobrazíme individuální využití kapacit frézek a soustruhů na následujících grafech.



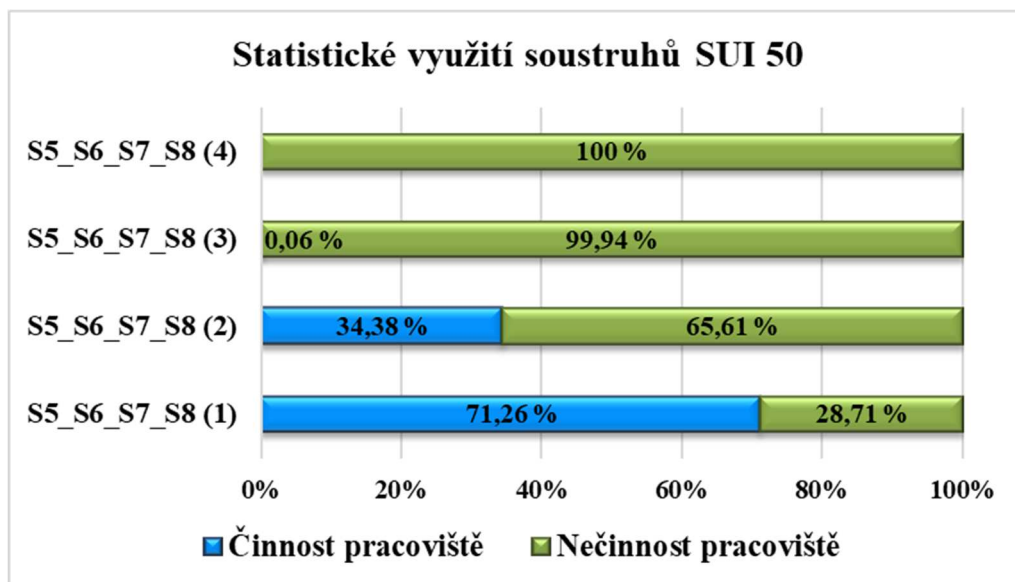
Graf 6 Statistické využití frézek současného stavu.



Graf 7 Statistické využití revolverových soustruhů současného stavu.

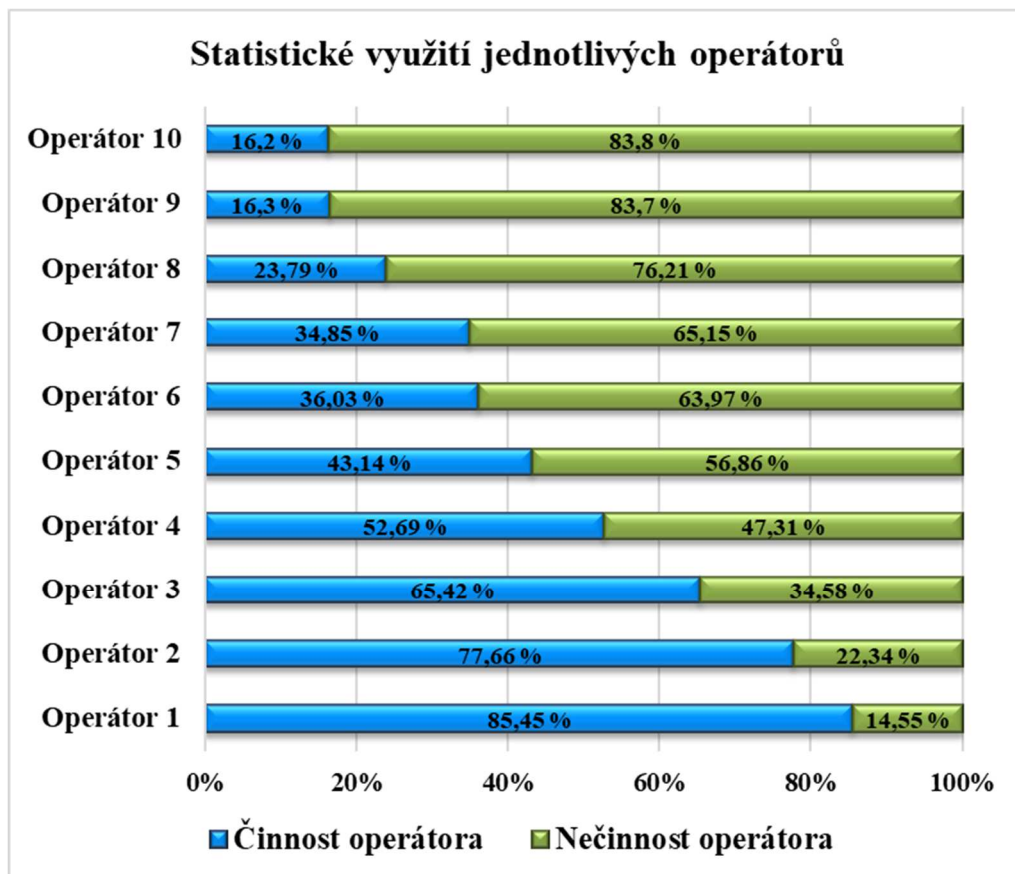


Graf 8 Statistické využití hrotových soustruhů současného stavu.



Graf 9 Statistické využití soustruhů SUI 50 současného stavu.

Dále jsme ze simulačního modelu získali data o individuálním využití jednotlivých kvalifikovaných operátorů, viz *Graf 10*. V současné době společnost Skrat kovo s.r.o. zaměstnává 13 zaměstnanců, ale pouze 10 zaměstnanců pracuje ve výrobě.



Graf 10 Statistické využití jednotlivých operátorů současného stavu.

3 Identifikace úzkých míst a problémů

Tato kapitola se zabývá vyhodnocením předchozí analýzy, identifikací problémů a stanovením cílů, kterých by měla práce dosáhnout.

V průběhu práce bylo nutné spolupracovat s majitelem společnosti Skrat kovo s.r.o. Bylo zapotřebí získat interní data potřebná k analýze a vyslechnout si jeho požadavky na obráběcí CNC centra.

Pro správnou analýzu současného stavu a následného návrhu řešení bylo zapotřebí konkrétní seznámení s výrobou a technologickými postupy jednotlivých výrobních představitelů.

3.1 Identifikace problémů

Po důkladném provedení analýzy byly zjištěny určité nedostatky a problémy společnosti Skrat kovo s.r.o. Jedním z hlavních problémů je současný strojní park společnosti, který se skládá především ze starých konvenčních strojů a je zapotřebí tento strojní park obnovit o nové obráběcí CNC stroje. Dalším problémem je evidence zakázek, kterou společnost vede pouze v papírové verzi, v podobě deníku. Takhle společnost nemá například zcela dokonalý přehled o termínech jednotlivých zakázek a může dojít ke zpoždění nebo špatnému dodání výrobků.

3.2 Stanovení cílů

Na základě výše uvedené analýzy je hlavním cílem zmodernizovat strojní park společnosti Skrat kovo s.r.o. a navrhnout obráběcí CNC soustruh a CNC frézku, které budou vyhovovat výrobním specifikacím společnosti. Dalším cílem je optimalizace výrobních procesů a ověření kapacit strojů.

4 Návrh řešení

V této kapitole se budeme zabývat návrhem a řešením stanovených cílů diplomové práce. Nejprve zvolíme vhodné obráběcí CNC stroje a dále se zaměříme na optimalizaci výroby pomocí softwaru Witness.

4.1 Vícekriteriální rozhodování

Pomocí vícekriteriálního rozhodování jsem se rozhodla řešit výběr obráběcího CNC centra, které by si společnost Skrat kovo s.r.o. ráda pořídila. Vzhledem k výrobě, požadavkům a potřebám společnosti jsme usoudili, že bude lepší vybrat zvlášť obráběcí CNC soustruh a zvlášť obráběcí CNC frézku. Budou tedy vybrány dva samostatné nové CNC stroje.

Vícekriteriálním rozhodování se rozumí vybrání jedné varianty ze seznamu potenciálně realizovatelných variant, která by zpravidla měla být ta nejvhodnější. Jde především o usnadnění práce rozhodovatele při řešení úloh uspořádání variant s použitím rozsáhlejšího souboru kritérií. Cílem je tedy nalezení nejlepší (optimální) varianty a uspořádání variant od nejlepší po nejhorší.¹²

Abychom mohli použít vícekriteriální rozhodování, je nutné si na začátku nejprve zvolit kritéria, podle kterých se posuzuje vhodnost jednotlivých variant. Kritéria musí být úplné, jednoznačné, měřitelné a srozumitelné.¹²

Dále se kritéria vzhledem ke svým důsledkům dělí na dva typy:

- Výnos – čím vyšší hodnota kritéria, tím lépe. Kritérium, které označuje výnos, bude v následujících tabulkách označeno zeleně.
- Náklad – čím nižší hodnota kritéria, tím lépe. Kritérium, které označuje náklad, bude v následujících tabulkách označeno oranžově.¹²

Jakmile máme zvolená kritéria, musíme stanovit koeficienty významnosti, které můžeme určit různými metodami:

- metodou pořadí,
- metodou známkování,
- metodou porovnávání v trojúhelníku párů.¹²

Čím je hodnota koeficientu významnosti vyšší, tím je kritérium významnější. V práci bude použita metoda pořadí.¹²

Pro řešení rozhodovacích procesů za jistoty můžeme použít různé metody vícekritériálního rozhodování. Mezi tyto metody patří například:

- metoda bazická,
- metoda PATTERN,
- metoda vážených dílčích pořadí,
- vážená bodovací metoda, aj.¹²

Pro náš případ použijeme pouze metodu bazickou a metodu PATTERN, které by měly dostatečně postačit k určení a ověření nejlepších variant CNC strojů.

Výsledkem řešených metod by měl být obráběcí CNC stroj pro soustružení a obráběcí CNC stroj pro frézování, které budou nejvíce vyhovovat zvoleným požadavkům a kritériím.

4.1.1 Obráběcí CNC soustruh

V této podkapitole se budeme zabývat vícekritériálním rozhodováním pro obráběcí CNC soustruh.

Jednou z prvních věcí si musíme zvolit vhodná a jednoznačná kritéria, která potřebujeme k řešení vícekritériálního rozhodování.

Stanovení vhodných kritérií

1. Cena – čím nižší cena, tím menší finanční výdaje a lépe pro společnost. Cena je tedy náklad.
2. Zastavěná plocha – určuje, jak velký prostor si potřebujeme vyhradit pro daný stroj. Čím je zastavěná plocha stroje větší, tím více místa nám zabere ve výrobní hale. Zastavěnou plochu označíme jako náklad.
3. Průměr soustružení – udává, jaký maximální průměr součásti můžeme na stroji obrábět. Čím větší průměr soustružení stroj nabízí, tím bude mít větší možnosti uplatnění ve výrobě. Průměr soustružení označíme jako výnos.

4. Délka soustružení – určuje, jakou maximální délku součásti můžeme na stroji obrábět. Čím větší délku soustružení stroj nabízí, tím bude mít větší možnosti uplatnění ve výrobě. Délku soustružení označíme jako výnos.
5. Počet os – čím více os stroj má, tím je „obratnější“ a dokáže obrobit i složitější výrobky, protože pracuje ve více polohách (osách). Počet os označíme jako výnos.
6. Počet nástrojů – čím více nástrojů stroj obsahuje, tím máme větší výrobní možnosti. Počet nástrojů označíme jako výnos.
7. Výkon stroje – čím vyšší výkon stroje, tím je stroj celkově výkonnější. Výkon stroje označíme jako výnos.
8. Otáčky vřetene – čím vyšší otáčky vřetene, tím lépe a může dojít i ke snížení výrobního času součásti. V dnešní době moderní obráběcí stroje (centra) používají nejmodernější nástroje, které využívají vyšší řeznou rychlost. Otáčky vřetene označíme jako výnos.

Stanovení typů obráběcích CNC soustruhů a jejich parametrů

- **ST-30Y** – obráběcí CNC soustruh od společnosti HAAS Automation, Inc

Tabulka 5 Parametry obráběcího CNC soustruhu ST-30Y.¹³

ST-30Y		
1	Cena [mil. Kč]	1,94
2	Zastavěná plocha [m ²]	16,55
3	Průměr soustružení [mm]	457
4	Délka soustružení [mm]	584
5	Počet os	4
6	Počet nástrojů	12
7	Výkon stroje [kW]	22,4
8	Otáčky vřetene [min ⁻¹]	3 400



Obrázek 5 Obráběcí CNC soustruhu ST-30Y.¹³

- **XYZ 320 LTY** – obráběcí CNC soustruh od společnosti REXIM spol. s.r.o.

Tabulka 6 Parametry obráběcího CNC soustruhu XYZ 320 LTY.¹⁴

XYZ 320 LTY		
1	Cena [mil. Kč]	3,42
2	Zastavěná plocha [m ²]	8,06
3	Průměr soustružení [mm]	320
4	Délka soustružení [mm]	600
5	Počet os	4
6	Počet nástrojů	12
7	Výkon stroje [kW]	17
8	Otáčky vřetene [min ⁻¹]	3 300



Obrázek 6 Obráběcí CNC soustruh XYZ 320 LTY.¹⁴

- **SE 520** – obráběcí CNC soustruh od společnosti TRENS SK, a. s.

Tabulka 7 Parametry obráběcího CNC soustruhu SE 520.¹⁵

SE 520		
1	Cena [mil. Kč]	1,95
2	Zastavěná plocha [m ²]	6,42
3	Průměr soustružení [mm]	520
4	Délka soustružení [mm]	950
5	Počet os	2
6	Počet nástrojů	8
7	Výkon stroje [kW]	15
8	Otáčky vřetene [min ⁻¹]	2 600



Obrázek 7 Obráběcí CNC soustruh SE 520.¹⁵

Shrnutí parametrů, kritérií a typů obráběcích CNC soustruhů

Shrnutí všech parametrů, kritérií a typů obráběcích CNC soustruhů bylo provedeno do jednoduché tabulky. Zeleně je označeno kritérium, které vyjadřuje výnos a oranžově náklad.

Tabulka 8 Shrnutí parametrů, kritérií a typů obráběcích CNC soustruhů.

CNC soustruh				
(j) Kritérium	(i)	ST-30Y	XYZ 320 LTY	SE 520
1	Cena [mil. Kč]	1,94	3,42	1,95
2	Zastavěná plocha [m ²]	16,55	8,06	6,42
3	Průměr soustružení [mm]	457	320	520
4	Délka soustružení [mm]	584	600	950
5	Počet os	4	4	2
6	Počet nástrojů	12	12	8
7	Výkon stroje [kW]	22,4	17	15
8	Otáčky vřetene [min ⁻¹]	3 400	3 300	2 600

Stanovení koeficientů významnosti

Koeficienty významnosti můžeme stanovit různými metodami. Pro náš výpočet volíme metodu pořadí.

Metoda pořadí – postup:

- Pět vhodně zvolených expertů musí, podle vlastního uvážení, přiřadit každému kritériu jednoznačné pořadí (1 – 8). Čím je kritérium významnější, tím má lepší pořadí. Nejvýznamnější (nejdůležitější) kritérium dle experta bude mít ohodnocení 1.
- Hodnocení jednotlivých expertů se shrne do tabulky.
- Proveďte se propočty dle vztahu

$$\alpha_j = \sum_{k=1}^p \alpha_{kj} \quad (4.1)$$

a stanoví se koeficient významnosti B_j j-tého kritéria

$$B_j = 1 - \frac{\alpha_j}{\sum_{j=1}^m \alpha_j} \quad (4.2)$$

Kde: p – počet expertů,

m – počet kritérií,

α_{kj} – číslo pořadí přiřazené k-tým expertem j-tému kritériu,

α_j – součet pořadí přiřazených všemi experty j-tému kritériu.

- Proveďte se shoda hodnocení.¹²

Metoda pořadí – výpočet:

Tabulka 9 Metoda pořadí – hodnocení kritérií CNC soustruhů jednotlivými experty.

(j) Kritérium		Expert (p)	1.	2.	3.	4.	5.	α_j	B_j
1	Cena [mil. Kč]		1	2	1	1	1	6	0,967
2	Zastavěná plocha [m ²]		7	8	8	8	8	39	0,783
3	Průměr soustružení [mm]		3	3	4	3	2	15	0,917
4	Délka soustružení [mm]		4	4	6	5	3	22	0,878
5	Počet os		5	6	7	6	5	29	0,839
6	Počet nástrojů		8	7	2	4	7	28	0,844
7	Výkon stroje [kW]		2	1	3	2	4	12	0,933
8	Otáčky vřetene [min ⁻¹]		6	5	5	7	6	29	0,839

Ukázka výpočtu (ze vztahu 4.1 a 4.2):

$$\alpha_1 = 1 + 2 + 1 + 1 + 1 = 6$$

$$\sum_{j=1}^m \alpha_j = 6 + 39 + 15 + 22 + 29 + 28 + 12 + 29 = 180$$

$$B_1 = 1 - \frac{6}{180} \doteq 0,967$$

Koeficient shody hodnocení:

Koeficient shody může vyjít v intervalu od 0 do 1:

$$w = 1 \quad \Rightarrow \text{úplná shoda hodnocení,}$$

$$w = 0 \quad \Rightarrow \text{naprostá rozdílnost hodnocení,}$$

$$w < 0,5 \quad \Rightarrow \text{je nutné, aby si experti vyměnili názory a provedlo se nové hodnocení významnosti jednotlivých kritérií.}^{12}$$

$$w = \frac{12 \sum_{j=1}^m \left[\sum_{k=1}^p \alpha_j - \frac{p(m+1)}{2} \right]^2}{p^2(m^3 - m)} \quad (4.3)$$

Kde: w – koeficient shody,

p – počet expertů,

m – počet kritérií,

α_j – součet pořadí přiřazených všemi experty j-tému kritériu.¹²

$$w = \frac{12 \left[\left(6 - \frac{5 \cdot (8 + 1)}{2} \right)^2 + (39 - 22,5)^2 + (15 - 22,5)^2 + (22 - 22,5)^2 + \right. \\ \left. + (29 - 22,5)^2 + (28 - 22,5)^2 + (12 - 22,5)^2 + (29 - 22,5)^2 \right]}{5^2 \cdot (8^3 - 8)}$$

$$w = 0,787$$

0,787 > 0,5 \Rightarrow podmínka je splněna

V našem případě vyšla shoda hodnocení 0,787. Podmínka je splněna a můžeme pokračovat v dalších metodách a výpočtech.

Metoda bazická:

Postup:

- Zjistíme potřebné informace (parametry) k jednotlivým typům CNC soustruhů.
- Vytvoříme bazickou (fiktivní) variantu (h_{bj})

$$h_{bj} = \frac{\sum_{j=1}^v h_{ij}}{v} \quad (4.4)$$

Kde: v – počet variant,

h_{ij} – hodnota j-tého kritéria u i-té varianty,

h_{bj} – hodnota j-tého kritéria u bazické varianty.

- Provedeme dílčí porovnání všech uvažovaných variant s variantou bazickou (z_{ij}), včetně zohlednění koeficientem významnosti:

$$\text{– pro kritéria typu náklady } z_{ij} = \frac{h_{bj}}{h_{ij}} \cdot B_j \quad (4.5)$$

$$\text{– pro kritéria typu výnosy } z_{ij} = \frac{h_{ij}}{h_{bj}} \cdot B_j \quad (4.6)$$

Kde: h_{bj} – hodnota j-tého kritéria u bazické varianty,

h_{ij} – hodnota j-tého kritéria u i-té varianty,

B_j – koeficient významnosti j-tého kritéria.

- Pro každou variantu stanovíme hodnotu relativní užitnosti (S_j)

$$S_j = \sum_{i=1}^{j=m} z_{ij} \quad (4.7)$$

Kde: S_j – hodnota relativní užitnosti,

z_{ij} – dílčí porovnání uvažovaných variant s variantou bazickou,

m – počet kritérií.

- Vyhodnotíme výsledky (V_j). Na prvním místě je varianta, která má nejvyšší hodnotu relativní užitnosti a na posledním místě je varianta, které má nejmenší hodnotu.¹²

Výpočet:

Tabulka 10 Metoda bazická – základní a doplněné informace CNC soustruhů.

CNC soustruh (j) / (i) Kritérium		ST-30Y	XYZ 320 LTY	SE 520	B_j	h_{bj}
1	Cena [mil. Kč]	1,94	3,42	1,95	0,967	2,44
2	Zastavěná plocha [m ²]	16,55	8,06	6,42	0,783	10,34
3	Průměr soustružení [mm]	457	320	520	0,917	432,33
4	Délka soustružení [mm]	584	600	950	0,878	711,33
5	Počet os	4	4	2	0,839	3,33
6	Počet nástrojů	12	12	8	0,844	10,67
7	Výkon stroje [kW]	22,4	17	15	0,933	18,13
8	Otáčky vřetene [min ⁻¹]	3 400	3 300	2 600	0,839	3100

Tabulka 11 Metoda bazická – vyhodnocení variant CNC soustruhů.

CNC soustruh (j) Kritérium (i)		ST-30Y	XYZ 320 LTY	SE 520	B_j	h_{bj}
1	Cena [mil. Kč]	1,216	0,690	1,210	0,967	2,44
2	Zastavěná plocha [m ²]	0,489	1,004	1,261	0,783	10,34
3	Průměr soustružení [mm]	0,969	0,679	1,103	0,917	432,33
4	Délka soustružení [mm]	0,721	0,741	1,173	0,878	711,33
5	Počet os	1,008	1,008	0,504	0,839	3,33
6	Počet nástrojů	0,949	0,949	0,633	0,844	10,67
7	Výkon stroje [kW]	1,153	0,875	0,772	0,933	18,13
8	Otáčky vřetene [min ⁻¹]	0,920	0,893	0,704	0,839	3100
S_j		7,425	6,839	7,360	-	-
V_j		1.	3.	2.	-	-

Ukázka výpočtu:

- Výpočet bazické varianty (ze vztahu 4.4):

$$h_{b1} = \frac{1,94 + 3,42 + 1,95}{3} \doteq 2,44$$

- Výpočet kritéria typu náklady (ze vztahu 4.5):

$$z_{11} = \frac{2,44}{1,94} \cdot 0,967 \doteq 1,216$$

- Výpočet kritéria typu výnosy (ze vztahu 4.6):

$$z_{13} = \frac{457}{432,33} \cdot 0,917 \doteq 0,969$$

- Hodnota relativní užitelnosti (ze vztahu 4.7):

$$S_1 = 1,216 + 0,489 + 0,969 + 0,721 + 1,008 + 0,949 + 1,153 + 0,920$$

$$S_1 = 7,425$$

Metoda PATTERN:

Postup:

- Zjistíme potřebné informace (parametry) k jednotlivým typům CNC soustruhů.
- U každého kritéria nalezneme nejhorší hodnotu (h_{bj}), které je přiřazen index 1,00 a je považována za základ (bázi).
- Pro všechna kritéria a všechny varianty stanovíme indexy, které poté ovlivníme příslušným koeficientem významnosti (B_j):

$$- \text{ pro kritéria typu náklady } z_{ij} = \frac{h_{ijINDEX1}}{h_{ij}} \cdot B_j \quad (4.8)$$

$$- \text{ pro kritéria typu výnosy } z_{ij} = \frac{h_{ij}}{h_{ijINDEX1}} \cdot B_j \quad (4.9)$$

Kde: $h_{ijINDEX1}$ – hodnota j-tého kritéria u nejhorší hodnoty varianty,
 h_{ij} – hodnota j-tého kritéria u i-té varianty,
 B_j – koeficient významnosti j-tého kritéria.

- Pro každou variantu stanovíme hodnotu relativní užitelnosti (S_j)

$$S_j = \sum_{j=1}^{j=m} z_{ij} \quad (4.7)$$

Kde: S_j – hodnota relativní užitelnosti,
 z_{ij} – dílčí porovnání uvažovaných variant s variantou bazickou,
 m – počet kritérií.

- Vyhodnotíme výsledky (V_j). Na prvním místě je varianta, která má nejvyšší hodnotu relativní užitelnosti a na posledním místě je varianta, které má nejmenší hodnotu.¹²

Výpočet:

Tabulka 12 Metoda PATTERN – základní a doplněné informace CNC soustruhů.

CNC soustruh (j) Kritérium \ (i)		ST-30Y	XYZ 320 LTY	SE 520	B_j
1	Cena [mil. Kč]	1,94	3,42	1,95	0,967
2	Zastavěná plocha [m ²]	16,55	8,06	6,42	0,783
3	Průměr soustružení [mm]	457	320	520	0,917
4	Délka soustružení [mm]	584	600	950	0,878
5	Počet os	4	4	2	0,839
6	Počet nástrojů	12	12	8	0,844
7	Výkon stroje [kW]	22,4	17	15	0,933
8	Otáčky vřetene [min ⁻¹]	3 400	3 300	2 600	0,839

Žlutá políčka v tabulce znázorňují nejhorší hodnotu u každého kritéria, která je považovaná za základ (bázi) a má přiřazený index 1,00. U kritéria typu náklady je to tedy nejvyšší hodnota a u kritéria typu výnosy je to nejnižší hodnota.

Tabulka 13 Metoda PATTERN – vyhodnocení variant CNC soustruhů.

CNC soustruh (j) Kritérium \ (i)		ST-30Y	XYZ 320 LTY	SE 520	B_j
1	Cena [mil. Kč]	1,705	0,967	1,696	0,967
2	Zastavěná plocha [m ²]	0,783	1,608	2,018	0,783
3	Průměr soustružení [mm]	1,310	0,917	1,490	0,917
4	Délka soustružení [mm]	0,878	0,902	1,428	0,878
5	Počet os	1,678	1,678	0,839	0,839
6	Počet nástrojů	1,266	1,266	0,844	0,844
7	Výkon stroje [kW]	1,393	1,057	0,933	0,933
8	Otáčky vřetene [min ⁻¹]	1,097	1,065	0,839	0,839
S_j		10,110	9,460	10,087	-
V_j		1.	3.	2.	-

Ukázka výpočtu:

- Výpočet kritéria typu náklady (ze vztahu 4.8):

$$z_{11} = \frac{3,42}{1,94} \cdot 0,967 \doteq 1,705$$

- Výpočet kritéria typu výnosy (ze vztahu 4.9):

$$z_{13} = \frac{457}{320} \cdot 0,917 \doteq 1,310$$

- Hodnota relativní užitenosti (ze vztahu 4.7):

$$S_1 = 1,705 + 0,783 + 1,310 + 0,878 + 1,678 + 1,266 + 1,393 + 1,097$$

$$S_1 = 10,110$$

Porovnání výsledků obráběcích CNC soustruhů:

Tabulka 14 Porovnání dosažených výsledků u obráběcích CNC soustruhů.

CNC soustruh Metoda	ST-30Y	XYZ 320 LTY	SE 520
Metoda bazická	1.	3.	2.
Metoda PATTERN	1.	3.	2.

Dle *Tabulky 14* můžeme vidět pořadí jednotlivých typů obráběcích CNC soustruhů. Podle metody bazické a metody PATTERN se pořadí všech typů obráběcích CNC soustruhů shoduje.

Pomocí zvolených metod vícekritériálního rozhodování jsme došli k závěru, že nejlepší a nejvhodnější obráběcí CNC soustruh pro naši společnost, dle našich požadavků a kritérií, je CNC soustruh ST-30Y od společnosti HAAS Automation, Inc. Doporučila bych zakoupit tento typ stroje, protože vyšel jako nejlepší u vyhodnocených metod.

4.1.2 Obráběcí CNC frézka

V této podkapitole se budeme opět zabývat vícekritériálním rozhodováním, ale tentokrát pro obráběcí CNC frézku.

Znovu si musíme zvolit vhodná a jednoznačná kritéria, která potřebujeme k řešení vícekritériálního rozhodování.

Stanovení vhodných kritérií

1. Cena – čím nižší cena, tím menší finanční výdaje a lépe pro společnost. Cena je tedy náklad.
2. Zastavěná plocha – určuje, jak velký prostor si potřebujeme vyhradit pro daný stroj. Čím je zastavěná plocha stroje větší, tím více místa nám zabere ve výrobní hale. Zastavěnou plochu označíme jako náklad.
3. Délka frézování – určuje, jakou maximální délku součásti můžeme na stroji obrábět. Čím větší délku frézování stroj nabízí, tím bude mít větší možnosti uplatnění ve výrobě. Délku frézování označíme jako výnos.
4. Šířka frézování – určuje, jakou maximální šířku součásti můžeme na stroji obrábět. Čím větší šířku frézování stroj nabízí, tím bude mít větší možnosti uplatnění ve výrobě. Šířku frézování označíme jako výnos.
5. Výška frézování – určuje, jakou maximální výšku součásti můžeme na stroji obrábět. Čím větší výšku frézování stroj nabízí, tím bude mít větší možnosti uplatnění ve výrobě. Výšku frézování označíme jako výnos.
6. Výkon stroje – čím vyšší výkon stroje, tím je stroj celkově výkonnější. Výkon stroje označíme jako výnos.
7. Otáčky vřetene – čím vyšší otáčky vřetene, tím lépe a může dojít i ke snížení výrobního času součásti. V dnešní době moderní obráběcí stroje (centra) používají nejmodernější nástroje, které využívají vyšší řeznou rychlost. Otáčky vřetene označíme jako výnos.

Stanovení typů obráběcích CNC frézek a jejich parametrů

- **VM-3** – obráběcí CNC frézka od společnosti HAAS Automation, Inc

Tabulka 15 Parametry obráběcí CNC frézky VM-3.¹⁶

VM-3		
1	Cena [mil. Kč]	2,08
2	Zastavěná plocha [m ²]	16,82
3	Délka frézování [mm]	1 016
4	Šířka frézování [mm]	660
5	Výška frézování [mm]	635
6	Výkon stroje [kW]	22,4
7	Otáčky vřetene [min ⁻¹]	12 000



Obrázek 8 Obráběcí CNC frézka VM-3.¹⁶

- **XYZ 1100 HD VMC** – obráběcí CNC frézka od společnosti REXIM spol. s.r.o.

Tabulka 16 Parametry obráběcí CNC frézky XYZ 1100 HD VMC.¹⁷

XYZ 1100 HD VMC		
1	Cena [mil. Kč]	2,29
2	Zastavěná plocha [m ²]	6,98
3	Délka frézování [mm]	1 100
4	Šířka frézování [mm]	610
5	Výška frézování [mm]	610
6	Výkon stroje [kW]	25
7	Otáčky vřetene [min ⁻¹]	10 000



Obrázek 9 Obráběcí CNC frézka XYZ 1100 HD VMC.¹⁷

- **MCFV 1060** – obráběcí CNC frézka od společnosti TAJMAC – ZPS, a.s.

Tabulka 17 Parametry obráběcí CNC frézky MCFV 1060.¹⁸

MCFV 1060		
1	Cena [mil. Kč]	3,45
2	Zastavěná plocha [m ²]	5,83
3	Délka frézování [mm]	1 050
4	Šířka frézování [mm]	640
5	Výška frézování [mm]	800
6	Výkon stroje [kW]	25
7	Otáčky vřetene [min ⁻¹]	12 000



Obrázek 10 Obráběcí CNC frézka MCFV 1060.¹⁸

Shrnutí parametrů, kritérií a typů obráběcích CNC frézek

Shrnutí všech parametrů, kritérií a typů obráběcích CNC frézek bylo provedeno do jednoduché tabulky. Zeleně je označeno kritérium, které vyjadřuje výnos a oranžově náklad.

Tabulka 18 Shrnutí parametrů, kritérií a typů obráběcích CNC frézek.

CNC frézka (j) Kritérium		VM-3	XYZ 1100 HD VMC	MCFV 1060
1	Cena [mil. Kč]	2,08	2,29	3,45
2	Zastavěná plocha [m ²]	16,82	6,98	5,83
3	Délka frézování [mm]	1 016	1 100	1 050
4	Šířka frézování [mm]	660	610	640
5	Výška frézování [mm]	635	610	800
6	Výkon stroje [kW]	22,4	25	25
7	Otáčky vřetene [min ⁻¹]	12 000	10 000	12 000

Stanovení koeficientů významnosti

Pro náš výpočet opět volíme metodu pořadí. Postup i vzorce jsou úplně identické, jako u podkapitoly 4.1.1 *Obráběcí CNC soustruh*.

Metoda pořadí – výpočet:

Tabulka 19 Metoda pořadí – hodnocení kritérií CNC frézek jednotlivými experty.

Expert (p) Kritérium		1.	2.	3.	4.	5.	α_j	B_j
1	Cena [mil. Kč]	1	2	1	1	1	6	0,957
2	Zastavěná plocha [m ²]	7	3	3	7	7	27	0,807
3	Délka frézování [mm]	2	1	2	2	2	9	0,936
4	Šířka frézování [mm]	4	4	5	3	3	19	0,864
5	Výška frézování [mm]	5	6	7	6	5	29	0,793
6	Výkon stroje [kW]	3	5	4	4	4	20	0,857
7	Otáčky vřetene [min ⁻¹]	6	7	6	5	6	30	0,786

Ukázka výpočtu (ze vztahu 4.1 a 4.2):

$$\alpha_1 = 1 + 2 + 1 + 1 + 1 = 6$$

$$\sum_{j=1}^m \alpha_j = 6 + 27 + 9 + 19 + 29 + 20 + 30 = 140$$

$$B_1 = 1 - \frac{6}{140} \doteq 0,957$$

Koeficient shody hodnocení (dle vztahu 4.3):

$$w = \frac{12 \left[\left(6 - \frac{5 \cdot (7 + 1)}{2} \right)^2 + (27 - 20)^2 + (9 - 20)^2 + (19 - 20)^2 + \right. \\ \left. + (29 - 20)^2 + (20 - 20)^2 + (30 - 20)^2 \right]}{5^2 \cdot (7^3 - 7)}$$

$$w = 0,783$$

$$\mathbf{0,783 > 0,5} \Rightarrow \text{podmínka je splněna}$$

V našem případě vyšla shoda hodnocení 0,783. Podmínka je opět splněna a můžeme pokračovat v dalších metodách a výpočtech.

Metoda bazická:

Postup i vzorce této metody jsou uvedeny výše v podkapitole 4.1.1 *Obrábění CNC soustruh.*

Výpočet:

Tabulka 20 Metoda bazická – základní a doplněné informace CNC frézek.

<div>CNC frézka</div> <div>(j) Kritérium</div>		VM-3	XYZ 1100 HD VMC	MCFV 1060	B_j	h_{bj}
1	Cena [mil. Kč]	2,08	2,29	3,45	0,957	2,61
2	Zastavěná plocha [m ²]	16,82	6,98	5,83	0,807	9,88
3	Délka frézování [mm]	1 016	1 100	1 050	0,936	1055,33
4	Šířka frézování [mm]	660	610	640	0,864	636,67
5	Výška frézování [mm]	635	610	800	0,793	681,67
6	Výkon stroje [kW]	22,4	25	25	0,857	24,13
7	Otáčky vřetene [min ⁻¹]	12 000	10 000	12 000	0,786	11333,33

Tabulka 21 Metoda bazická – vyhodnocení variant CNC frézek.

<div>CNC frézka</div> <div>(j) Kritérium</div>		VM-3	XYZ 1100 HD VMC	MCFV 1060	B_j	h_{bj}
1	Cena [mil. Kč]	1,201	1,091	0,724	0,957	2,61
2	Zastavěná plocha [m ²]	0,474	1,142	1,368	0,807	9,88
3	Délka frézování [mm]	0,901	0,976	0,931	0,936	1055,33
4	Šířka frézování [mm]	0,896	0,828	0,869	0,864	636,67
5	Výška frézování [mm]	0,739	0,71	0,931	0,793	681,67
6	Výkon stroje [kW]	0,796	0,888	0,888	0,857	24,13
7	Otáčky vřetene [min ⁻¹]	0,832	0,694	0,832	0,786	11333,33
S_j		5,839	6,329	6,543	-	-
V_j		3.	2.	1.	-	-

Ukázka výpočtu:

- Výpočet bazické varianty (ze vztahu 4.4):

$$h_{b1} = \frac{2,08 + 2,29 + 3,45}{3} \doteq 2,61$$

- Výpočet kritéria typu náklady (ze vztahu 4.5):

$$z_{11} = \frac{2,61}{2,08} \cdot 0,957 \doteq 1,201$$

- Výpočet kritéria typu výnosy (ze vztahu 4.6):

$$z_{13} = \frac{1016}{1055,33} \cdot 0,936 \doteq 0,901$$

- Hodnota relativní užitelnosti (ze vztahu 4.7):

$$S_1 = 1,201 + 0,474 + 0,901 + 0,896 + 0,739 + 0,796 + 0,832$$

$$S_1 = 5,839$$

Metoda PATTERN:

Postup této metody i vzorce jsou uvedeny výše v podkapitole 4.1.1 *Obráběcí CNC soustruh.*

Výpočet:

Tabulka 22 Metoda PATTERN – základní a doplněné informace CNC frézek.

CNC frézka (j) Kritérium \ (i)		VM-3	XYZ 1100 HD VMC	MCFV 1060	B_j
1	Cena [mil. Kč]	2,08	2,29	3,45	0,957
2	Zastavěná plocha [m ²]	16,82	6,98	5,83	0,807
3	Délka frézování [mm]	1 016	1 100	1 050	0,936
4	Šířka frézování [mm]	660	610	640	0,864
5	Výška frézování [mm]	635	610	800	0,793
6	Výkon stroje [kW]	22,4	25	25	0,857
7	Otáčky vřetene [min ⁻¹]	12 000	10 000	12 000	0,786

Tabulka 23 Metoda PATTERN – vyhodnocení variant CNC frézek.

CNC frézka (j) Kritérium (i)		VM-3	XYZ 1100 HD VMC	MCFV 1060	B_j
1	Cena [mil. Kč]	1,587	1,442	0,957	0,957
2	Zastavěná plocha [m ²]	0,807	1,945	2,328	0,807
3	Průměr soustružení [mm]	0,936	1,013	0,967	0,936
4	Délka soustružení [mm]	0,935	0,864	0,906	0,864
5	Počet os	0,826	0,793	1,04	0,793
6	Počet nástrojů	0,857	0,956	0,956	0,857
7	Výkon stroje [kW]	0,943	0,786	0,943	0,786
S_j		6,891	7,799	8,097	-
V_j		3.	2.	1.	-

Ukázka výpočtu:

- Výpočet kritéria typu náklady (ze vztahu 4.8):

$$z_{11} = \frac{3,45}{2,08} \cdot 0,957 \doteq 1,587$$

- Výpočet kritéria typu výnosy (ze vztahu 4.9):

$$z_{13} = \frac{660}{610} \cdot 0,864 \doteq 0,935$$

- Hodnota relativní užitenosti (ze vztahu 4.7):

$$S_1 = 1,587 + 0,807 + 0,936 + 0,935 + 0,826 + 0,857 + 0,943$$

$$S_1 = 6,891$$

Porovnání výsledků obráběcích CNC frézek:

Tabulka 24 Porovnání dosažených výsledků u obráběcích CNC frézek.

<div>CNC frézka</div> <div>Metoda</div>	VM-3	XYZ 1100 HD VMC	MCFV 1060
Metoda bazická	3.	2.	1.
Metoda PATTERN	3.	2.	1.

Dle Tabulky 24 můžeme vidět pořadí jednotlivých typů obráběcích CNC frézek. Podle metody bazické a metody PATTERN se pořadí všech typů obráběcích CNC frézek shoduje.

Pomocí zvolených metod vícekritériálního rozhodování jsme došli k závěru, že nejlepší a nejvhodnější obráběcí CNC frézka pro naši společnost, dle našich požadavků a kritérií, je CNC frézka MCFV 1060 od společnosti TAJMAC – ZPS, a.s. Doporučila bych zakoupit tento typ stroje, protože vyšel jako nejlepší u vyhodnocených metod.

4.2 Doporučení při výběru CNC

Vybrané a doporučené obráběcí CNC stroje jsou uvedené v základní verzi a jejich uvedená cena je katalogová. Každá společnost, od které bychom si obráběcí CNC stroj chtěli zakoupit, upraví zákazníkovi stroj na míru dle jeho potřeb a požadavků. Měli by se například specifikovat různé technické údaje, preferovaný řídicí systém, nástrojový systém apod. Od toho se samozřejmě odvíjí jak nová cena stroje, tak i například drobné změny v parametrech stroje. Proto bych společnosti Skrat kovo s.r.o. před koupí obráběcího CNC soustruhu a CNC frézky doporučila, aby si nechala vytvořit a upravit konkrétní nabídku na míru od potencionálního dodavatele obráběcího CNC stroje a poté se rozhodla ke koupi určitého stroje. K této budoucí poptávce jsem pro lepší komunikaci mezi dodavatelem a společností Skrat kovo s.r.o. vytvořila jednoduchou tabulku, která by měla usnadnit prvotní orientaci a specifikaci jejich požadavků. Tabulku jsem navrhla na ukázkou pouze pro obráběcí CNC soustruh. Obdobná tabulka se změněnými parametry a specifikacemi by se vytvořila i pro obráběcí CNC frézku.

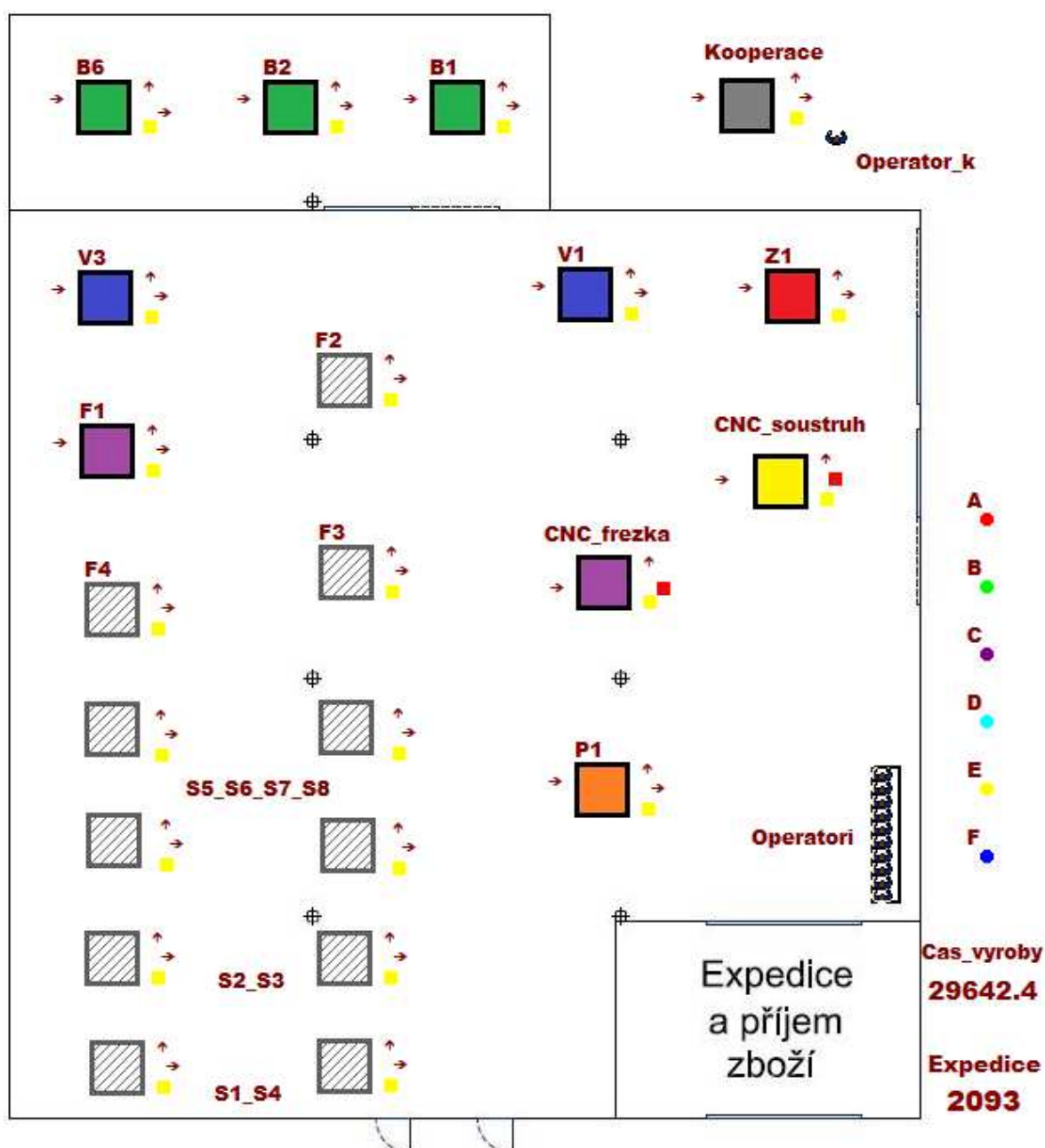
Tabulka 25 Tabulka pro poptávku obráběcího CNC soustruhu.¹⁹

Technické podmínky obráběcího CNC soustruhu – minimální požadavky			
* Dodavatel uvede ANO nebo NE. V případě, že je v technické specifikaci uvedena mezní hodnota rozměru nebo výkonu, je nutno uvést konkrétní hodnotu pro nabízený stroj. Dodavatel může přiložit i svou vlastní technickou specifikaci nebo popis zařízení.			
Výrobce:		Typové označení stroje:	
Minimální požadované technické parametry (údaje):			Technické parametry nabízené dodavatelem *
Základní technické údaje			
CNC revolverový soustruh se šikmým ložem			Ano / Ne
Min. průměr soustružení 350 mm			Ano / Ne
Min. délka soustružení 350 mm			Ano / Ne
Min. oběžný průměr nad ložem 600 mm			Ano / Ne
Min. oběžný průměr nad příčným suportem 400 mm			Ano / Ne
Průchod vřetene pro obrábění tyče min. průměru 42 mm			Ano / Ne
Řídicí systém Heidenhain			Ano / Ne
Celolitínové tuhé provedení soustruhu se šikmým ložem			Ano / Ne
Lineární valivá předepnutá vedení všech lineárních os			Ano / Ne
Automatické centrální mazání			Ano / Ne
Otáčky vřetene min. 6000 min ⁻¹			Ano / Ne
Výkon motoru vřetene min. 10 kW			Ano / Ne
Automatická revolverová hlava pro upnutí 12 nástrojů			Ano / Ne
Nástrojový systém VDI40			Ano / Ne
Příslušenství stroje a služby v ceně			
Hydraulický koník			Ano / Ne
Automatický článkový dopravník třísek			Ano / Ne
Automat. rameno s měřicí sondou pro předseřizování nástrojů			Ano / Ne
Kontrola opotřebení nástroje (sledování zatížení a životnosti)			Ano / Ne
Automatické hydraulické sklíčidlo průměru min. 160 mm			Ano / Ne
Oplachovací ruční pistole			Ano / Ne
CAD-CAM systém 2D s odladěným postprocesorem			Ano / Ne
USB a RS232 komunikační rozhraní řídicího systému			Ano / Ne
Orientace vřetene			Ano / Ne
Včetně balení, dopravy, instalace a školení			Ano / Ne
Záruka min. 24 měsíců			Ano / Ne

4.3 Optimalizace výroby v softwaru Witness

V optimalizovaném návrhu výrobního procesu jsme na základě doporučených obráběcích CNC center nahradili staré soustruhy a frézky. Ověřovali jsme využití výrobních zařízení za období 3 měsíců při nastavení nových CNC strojů, které hodlá majitel společnosti zakoupit.

Na *Obrázku 11* je zobrazeno schéma výrobní haly ze simulačního modelu, kde přibyla nová obráběcí CNC centra, která nahradila staré konvenční stroje frézek a soustruhů.



Obrázek 11 Schéma výrobní haly – optimalizovaný stav.

Ve schématu (*Obrázek 11*) jsou jednotlivé stroje označeny barevně dle *Tabulky 2*. Šedě označené stroje nejsou v optimalizovaném modelu aktivní.

Spuštěním modelu optimalizovaného stavu výroby v softwaru Witness jsme získali následující data. Celková doba výroby čistého strojního času daného počtu 2093 kusů výrobků, které proběhnou výrobním procesem za čtvrtletní období je 29 642,4 minut.

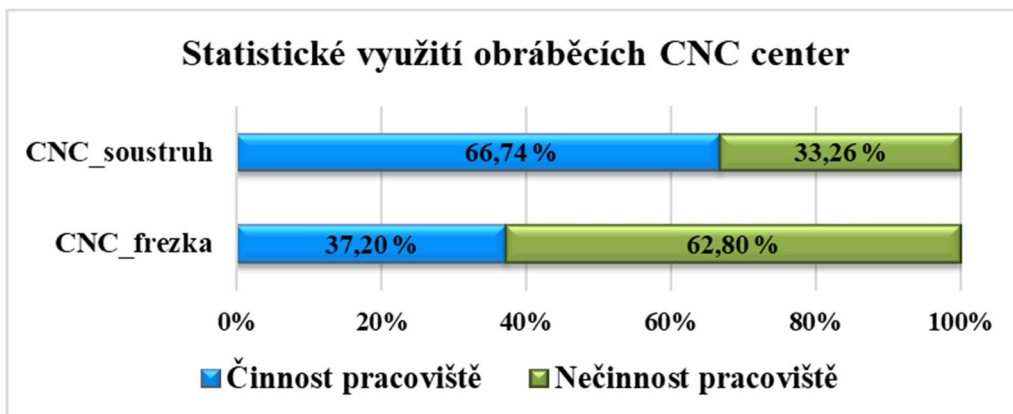
Ověřili jsme, že stávající množství, které bylo za dané období vyrobeno, by byla společnost schopná vyrobit i na nových obráběcích CNC strojích. Tím se i zcela uvolní kapacita 11 starších strojů, které mohou být využity pro nové zakázky.

Tabulka 26 představuje statistické a kapacitní využití všech pracovišť a počet celkových operací, které projdou každým pracovištěm v optimalizovaném stavu.

Tabulka 26 Statistické využití pracovišť optimalizovaného stavu.

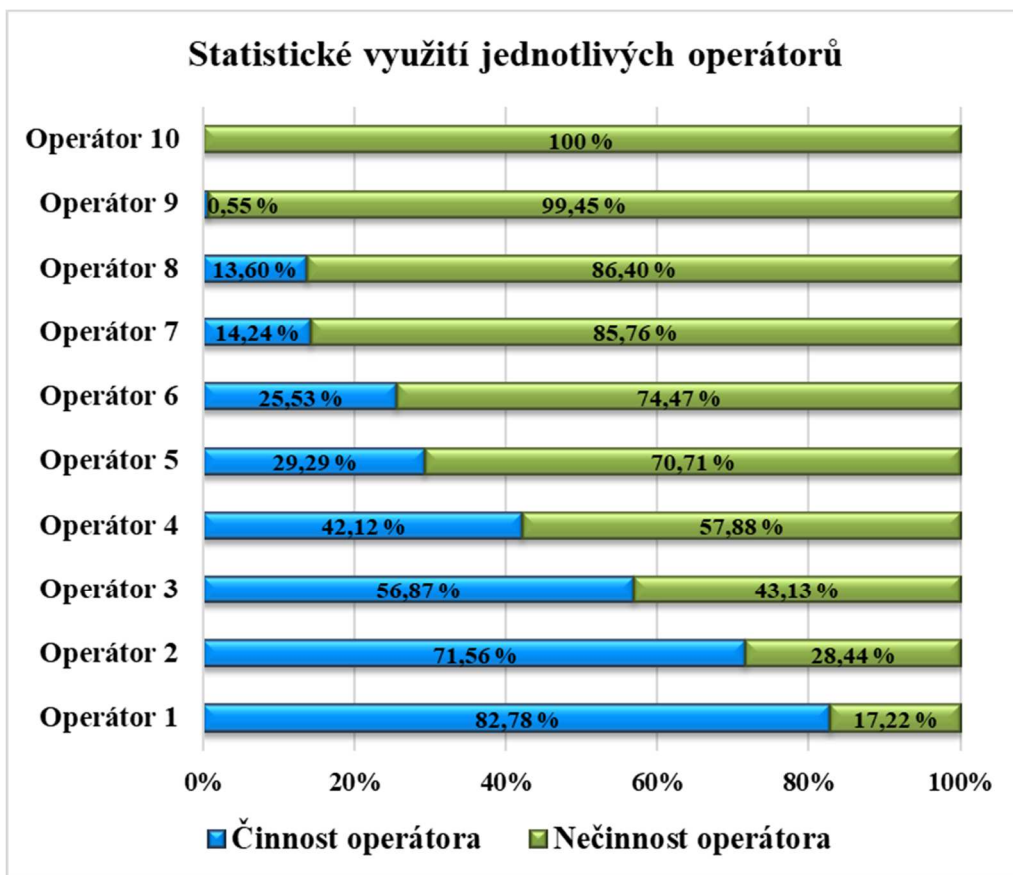
Označení pracoviště	Činnost pracoviště [%]	Nečinnost pracoviště [%]	Počet operací na pracovišti
B1	52,32	47,68	1032
B2	25,93	74,07	451
B6	36,25	63,75	723
V1	26,22	73,78	955
V3	11,82	88,18	439
P1	31,79	68,21	1752
Z1	29,55	70,45	1866
F1	19,19	80,81	1032
CNC_frezka	37,20	62,80	1235
CNC_soustruh	66,74	33,26	2005

Graf 11 znázorňuje grafické zobrazení využití obráběcích CNC center.



Graf 11 Statistické využití obráběcích CNC center optimalizovaného stavu.

Pokud si společnost pořídí CNC stroje, tak ze simulace vyplynulo, že dva až tři pracovníci nejsou zcela využiti. Ale na druhou stranu jsme uvolnili kapacitu starších obráběcích strojů, které nejsou momentálně zahrnuté do výrobních procesů a můžeme je dále využít při navýšení výroby a získání nových zakázek, kde budeme tyto pracovníky potřebovat. Statistické využití pracovníků po optimalizaci je zobrazeno na Grafu 12.



Graf 12 Statistické využití jednotlivých operátorů optimalizovaného stavu.

5 Zhodnocení návrhu řešení a přínos pro podnik

Ke zpracování diplomové práce byly využity interní údaje společnosti Skrat kovo s.r.o. Při zpracování údajů, analýzy současného stavu a následného návrhu řešení bylo zapotřebí spolupracovat s majitelem společnosti.

Po získání interních dat a zpracování analýzy současného stavu bylo zapotřebí optimalizovat výrobní procesy. Nejprve se provedlo vícekritériální rozhodování, pomocí kterého se vybrala obráběcí CNC centra. Byl vybrán CNC soustruh ST-30Y od společnosti HAAS Automation, Inc. a CNC frézka MCFV 1060 od společnosti TAJMAC – ZPS, a.s.

Dále jsme optimalizovali model v simulačním softwaru Witness, kde jsme staré konvenční soustruhy a frézky nahradili obráběcími CNC stroji. Na základě dat ze simulačního modelu jsme ověřili výrobní kapacity a kapacita na CNC strojích i na původních strojích je dostačující. Stroje nejsou využity na maximum a je tedy možné přijmout další zakázky od nových zákazníků.

Výhodou pořízení obráběcích CNC center je možnost malosériové výroby a získání lukrativních nabídek od nových potenciálních zákazníků, kteří vyhledávají tyto služby. Volná výrobní kapacita je na všech strojích společnosti a není tedy problém navýšit výrobu v celém podniku.

Další možnou variantou, jak zoptimalizovat výrobní proces, je případná možnost snižování počtu zaměstnanců. Při stávající výrobě, kde jsme staré stroje nahradili obráběcími CNC centry, můžeme snížit počet zaměstnanců až o tři osoby. Doporučila bych však tyto zaměstnance ponechat a soustředit se raději na získání nových lukrativních nabídek, rozšíření výrobního sortimentu a využití více strojů při výrobě, kde budou tito zaměstnanci potřební.

Pokud porovnáme čas výroby současného stavu (29 585,2 minut) a stavu po optimalizaci (29 642,4 minut), vyjde nám, že po optimalizaci je čas o 57,2 minut delší. To je vzhledem k celkovému čtvrtletnímu období výroby zanedbatelný čas.

Jedním z problémů společnosti je evidence zakázek v papírové podobě. Doporučila bych společnosti zakoupit software, který by jim s tímto „defektem“ pomohl. Na dnešním trhu je řada softwarů, které tyto služby poskytují. Pokud ale společnost nechce do takového softwaru vkládat peníze, měla by si vytvořit jednoduchou tabulku v Excelu, kde bude seznam zakázek přehlednější a je tam možnost využití různých funkcí, vzorců a filtrů.

Z *Tabulky 4* statistického využití pracovišť současného stavu je patrné, že většina pracovišť má volnou kapacitu. Koupí nových obráběcích CNC strojů bylo simulací ověřeno (*Tabulka 26*), že kapacita je dostatečná, proto může majitel společnosti navýšit výrobu. Doporučila bych zvážení malosériové výroby, která by mohla být na daných zařízeních prováděna a využití těchto strojů by se blížilo k 80 %.

Pořizovací cena obráběcích CNC strojů by měla být zhruba 5 400 000,- Kč, majitel by chtěl využít dotací z EU. Jelikož je společnost zaměřena na kusovou výrobu, není možné přímo vyčíslit návratnost vložených investic, ale z *Grafu 2* je však zřejmé, že počet zakázek se každoročně zvyšuje. Návratnost této investice tedy bude v řádu několika let.

Cíl práce byl splněn. V rámci optimalizace byla doporučena koupě obráběcích CNC strojů, o kterých společnost stejně uvažovala a jejich kapacitní využití bylo ověřeno pomocí simulací. Výsledky ukazují, že je možné současnou výrobu zajistit i navýšit.

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zmodernizovat strojní park společnosti Skrat kovo s.r.o., navrhnout nová obráběcí CNC centra, optimalizovat výrobní procesy a ověřit kapacity strojů společnosti.

Úvodní kapitola se zabývá teoretickými východisky zadané problematiky a základními pojmy, které jsou potřebné pro řešení daného problému.

Následuje analýza současného stavu společnosti. Z interních dat se sestavil strojní park společnosti, zvolili se výrobkoví představitelé a dle technologického postupu se vytvořilo jejich postupové schéma, které sloužilo k další analýze výroby v softwaru Witness.

Třetí kapitola je zaměřena na identifikaci úzkých míst, problémů a stanovení cílů společnosti, kterých by měla diplomová práce dosáhnout.

Následující kapitola se věnuje návrhu řešení, výběru obráběcích CNC center pomocí vícekritériálního rozhodování a celkové optimalizaci výrobních procesů společnosti.

V poslední kapitole je provedeno celkové zhodnocení návrhu řešení a jeho přínos do praxe.

Z ekonomických i společenských hledisek by mělo být ve výrobě dosaženo stavu, kdy jsou veškeré výrobní zdroje využívány co nejefektivněji.¹

Diplomová práce byla zpracována na základě požadavků a interních dat společnosti Skrat kovo s.r.o. Stanovených cílů bylo dosaženo a výsledný návrh je možno využít v praxi.

Seznam použité literatury

- [1] KEŘKOVSKÝ, M. *Moderní přístupy k řízení výroby*. Vyd. 2. Praha: C. H. Beck, 2009. 137 s. ISBN 978-80-740-0119-2.
- [2] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Vyd. 1. Praha: Grada Publishing, 2014. ISBN 978-80-247-4486-5.
- [3] MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M. *Cesty k vyšší produktivitě. Strategie založená na průmyslovém inženýrství*. Liberec. Institut průmyslového inženýrství, 1996. ISBN 80-902235-0-8.
- [4] HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I*. Vydání třetí. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6.
- [5] GROS, Ivan. *Velká kniha logistiky*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.
- [6] POKORNÝ, Lubomír. *Efektivní procesy – optimalizace*. [Online]. [cit. 18-11-2018] Dostupný z www: <http://www.efektivniprocesy.cz/optimalizace.html>
- [7] DYNAMIC FUTURE. *Witness*. [Online]. [cit. 20-11-2018] Dostupný z www: <http://dynfut.cz/uvod-ceska-verze/produkty-a-sluzby/witness/>
- [8] DLOUHÝ, Martin. *Simulace podnikových procesů*. Brno: Computer Press, c2007. ISBN 978-80-251-1649-4.
- [9] AL-AOMAR, Raid, Onur M. Ulgen and Ed Williams. *Process Simulation Using WITNESS*. John Wiley & Sons, 2015. ISBN 978-0-470-37169-5.
- [10] SKRAT KOVO s.r.o. *Strojírenská výroba a kooperace*. [Online]. [cit. 20-11-2018] Dostupný z www: <http://www.skratkovo.cz/index.php?action=home&id=42>
- [11] SMETANA, Jiří. *Projektování technologických pracovišť*. 1. vyd. Ostrava: Ostravské tiskárny, 1990. 195 s. ISBN 80-7078-033-9.
- [12] ŠAJDLEROVÁ, Ivana. *Organizace a řízení výroby: učební text [CD-ROM]*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2012 [cit. 11-03-2019]. ISBN 978-80-248-2775-9.

- [13] HAAS Automation, Inc. *CNC Machine Tools – ST-30Y*. [Online]. [cit. 11-03-2019] Dostupný z www: <https://www.haascnc.com/machines/lathes/st/models/y-axis/st-30y.html>
- [14] REXIM spol. s.r.o. *XYZ Machine Tools – XYZ 320 LTY*. [Online]. [cit. 11-03-2019] Dostupný z www: <https://www.cnc-xyz.cz/obrabeci-centra/soustruznicka-centra/xyz-320-lty#technick%C3%A9-parametry>
- [15] TRENS SK, a. s. *CNC soustruhy – SE 520*. [Online]. [cit. 11-03-2019] Dostupný z www: <https://www.trens.sk/sk/produkty/cnc-univerzalne-hrotove-sustruhy/se-520/technicke-parametre>
- [16] HAAS Automation, Inc. *CNC Machine Tools – VM-3*. [Online]. [cit. 11-03-2019] Dostupný z www: <https://www.haascnc.com/machines/vertical-mills/mold-machines/models/vm-3.html>
- [17] REXIM spol. s.r.o. *XYZ Machine Tools – XYZ 1100HD VMC*. [Online]. [cit. 11-03-2019] Dostupný z www: <https://www.cnc-xyz.cz/component/k2/item/42-xyz-1100hd-vmc#technick%C3%A9-parametry>
- [18] TAJMAC – ZPS, a.s. *MCFV 1060*. [Online]. [cit. 11-03-2019] Dostupný z www: <https://www.tajmac-zps.cz/mcfv-1060>
- [19] MACMATIC s.r.o. *Průvodce výběrem CNC frézovacího centra*. [Online]. [cit. 11-03-2019] Dostupný z www: https://www.macmatic.cz/component/content/article/40-technicke-clanky/68-pruvodce-vyberem-cnc-frezovaciho-centra?fbclid=IwAR2zduBf_Q59c4j510aojYRZFutveu2lV46rxHeeCp9Q5Ex1x7ZQHQS_u20

Seznam použitých obrázků

<i>Obrázek 1 Logo společnosti Skrat kovo s.r.o.</i>	14
<i>Obrázek 2 Ukázka výrobků společnosti Skrat kovo s.r.o.</i>	17
<i>Obrázek 3 Evidence objednávek společnosti Skrat kovo s.r.o.</i>	19
<i>Obrázek 4 Schéma výrobní haly – současný stav.</i>	23
<i>Obrázek 5 Obráběcí CNC soustruhu ST-30Y.</i>	31
<i>Obrázek 6 Obráběcí CNC soustruh XYZ 320 LTY.</i>	32
<i>Obrázek 7 Obráběcí CNC soustruh SE 520.</i>	33
<i>Obrázek 8 Obráběcí CNC frézka VM-3.</i>	43
<i>Obrázek 9 Obráběcí CNC frézka XYZ 1100 HD VMC.</i>	44
<i>Obrázek 10 Obráběcí CNC frézka MCFV 1060.</i>	45
<i>Obrázek 11 Schéma výrobní haly – optimalizovaný stav.</i>	53

Seznam použitých tabulek

<i>Tabulka 1 Sortiment a výrobní možnosti společnosti Skrat kovo s.r.o.</i>	16
<i>Tabulka 2 Označení pracovišť.</i>	18
<i>Tabulka 3 Postupové schéma výrobních představitelů.</i>	22
<i>Tabulka 4 Statistické využití pracovišť současného stavu.</i>	24
<i>Tabulka 5 Parametry obráběcího CNC soustruhu ST-30Y.</i>	30
<i>Tabulka 6 Parametry obráběcího CNC soustruhu XYZ 320 LTY.</i>	31
<i>Tabulka 7 Parametry obráběcího CNC soustruhu SE 520.</i>	32
<i>Tabulka 8 Shrnutí parametrů, kritérií a typů obráběcích CNC soustruhů.</i>	33
<i>Tabulka 9 Metoda pořadí – hodnocení kritérií CNC soustruhů jednotlivými experty.</i>	35

<i>Tabulka 10 Metoda bazická – základní a doplněné informace CNC soustruhů.</i>	37
<i>Tabulka 11 Metoda bazická – vyhodnocení variant CNC soustruhů.</i>	38
<i>Tabulka 12 Metoda PATTERN – základní a doplněné informace CNC soustruhů.</i>	40
<i>Tabulka 13 Metoda PATTERN – vyhodnocení variant CNC soustruhů.</i>	40
<i>Tabulka 14 Porovnání dosažených výsledků u obráběcích CNC soustruhů.</i>	41
<i>Tabulka 15 Parametry obráběcí CNC frézky VM-3.</i>	43
<i>Tabulka 16 Parametry obráběcí CNC frézky XYZ 1100 HD VMC.</i>	44
<i>Tabulka 17 Parametry obráběcí CNC frézky MCFV 1060.</i>	45
<i>Tabulka 18 Shrnutí parametrů, kritérií a typů obráběcích CNC frézek.</i>	46
<i>Tabulka 19 Metoda pořadí – hodnocení kritérií CNC frézek jednotlivými experty.</i>	46
<i>Tabulka 20 Metoda bazická – základní a doplněné informace CNC frézek.</i>	48
<i>Tabulka 21 Metoda bazická – vyhodnocení variant CNC frézek.</i>	48
<i>Tabulka 22 Metoda PATTERN – základní a doplněné informace CNC frézek.</i>	49
<i>Tabulka 23 Metoda PATTERN – vyhodnocení variant CNC frézek.</i>	50
<i>Tabulka 24 Porovnání dosažených výsledků u obráběcích CNC frézek.</i>	51
<i>Tabulka 25 Tabulka pro poptávku obráběcího CNC soustruhu.</i>	52
<i>Tabulka 26 Statistické využití pracovišť optimalizovaného stavu.</i>	54

Seznam použitých grafů

<i>Graf 1 Vývoj počtu zaměstnanců společnosti Skrat kovo s.r.o.</i>	15
<i>Graf 2 Vývoj objemu zakázek společnosti Skrat kovo s.r.o.</i>	15
<i>Graf 3 Počet objednávek za čtvrtletní období.</i>	20
<i>Graf 4 Finanční objem za čtvrtletní období.</i>	20

<i>Graf 5 Počet kusů výrobků u jednotlivých představitelů.</i>	<i>21</i>
<i>Graf 6 Statistické využití frézek současného stavu.</i>	<i>25</i>
<i>Graf 7 Statistické využití revolverových soustruhů současného stavu.</i>	<i>25</i>
<i>Graf 8 Statistické využití hrotových soustruhů současného stavu.</i>	<i>25</i>
<i>Graf 9 Statistické využití soustruhů SUI 50 současného stavu.</i>	<i>26</i>
<i>Graf 10 Statistické využití jednotlivých operátorů současného stavu.</i>	<i>26</i>
<i>Graf 11 Statistické využití obráběcích CNC center optimalizovaného stavu.</i>	<i>55</i>
<i>Graf 12 Statistické využití jednotlivých operátorů optimalizovaného stavu.....</i>	<i>55</i>

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych zde poděkovala vedoucí diplomové práce Ing. Vladimíře Schindlerové, Ph.D. za její cenné rady a čas, který mi věnovala při řešení dané problematiky.

Dále bych chtěla poděkovat společnosti Skrat kovo s.r.o. za poskytnutí jejich interních údajů a informací, které mi umožnily vypracovat tuto diplomovou práci.

V poslední řadě bych chtěla poděkovat především své rodině, která mi byla velkou oporou po celou dobu mého studia a díky které jsem mohla vystudovat obor, který mě baví a zajímá.